DROGADICCIÓN

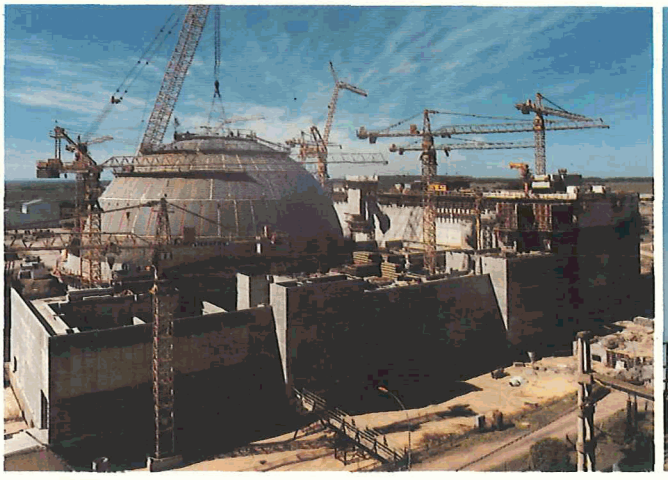
CIENCIA HOY

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy Vol. 1 Nº 3 abril/mayo 1989

Neuronas
Rotura de materiales
Inflación
Fusión fría

SIEMENS

Atucha II
La construcción avanza



El pasado 12 de abril se completó el cierre de la esfera de contención de la Central Nuclear Atucha II.

El acto, que contó con la presencia del Presidente de la Nación, constituyó un símbolo de la continuidad de esta obra, tan necesaria para la infraestructura energética del país.

La tecnología para Atucha II es provista por el área KWU de Siemens AG a través de ENACE S.A., el joint venture creado con la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) de la República Argentina.

Siemens AG/KWU de Alemania Federal se cuenta entre las empresas más importantes del mundo en tecnología para la generación de energía.

Nuestro programa nuclear incluye todos los tipos de reactores, desde aquellos con recipiente de presión con agua liviana (PWR) o agua pesada (PHWR), hasta los con agua en ebullición (BWR), incluyendo los conceptos más novedosos como por ejemplo los de alta temperatura (HTR) o los reproductores rápidos (SNR).

Recientes acuerdos de cooperación internacional con Framatome S.A. de Francia y ABB-Asea Brown Boveri AG de Suiza proyectan a Siemens AG/KWU como empresa de gran experiencia en tecnología y servicios nucleares, más allá de sus mercados tradicionales, en el marco del fortalecimiento de la industria nuclear europea.

Siemens AG área KWU

KWU

Si desea mayor información, escríbanos a: KWU Servicios S.A. - Julio A. Roca 620 - Piso 13 - 1067 Buenos Aires.

Foto: Fiora Bemporad

ADHESIONES

Hago llegar mis sinceras felicitaciones por la publicación de la que son ustedes responsables, cuyo número inicial he tenido la posibilidad de leer. Ella permitirá conocer y valorar el trabajo de nuestros investigadores y el estado del saber en una amplia variedad de disciplinas científicas.
Cristina L. Bocaccio, Buenos Aires

En nuestro editorial de *Tecnología Electrónica* de febrero, nº 662, hemos hecho público a nuestros lectores y amigos del singular acontecimiento que significa el lanzamiento de *Ciencia Hoy*. Estamos seguros de que la etapa que se inicia con ella permitirá agrupar a un vasto sector de argentinos, de la más variada orientación profesional, en torno del amplio espectro que pueden ustedes brindar a los campos científicos, tecnológicos, industriales, empresarios.
Valentino Kunica, Buenos Aires

Felicito a la Asociación Ciencia Hoy por la idea de editar la revista. La misma seguramente llenará el vacío hasta hoy notorio en lo que se refiere a divulgación científica y tecnológica en nuestro país. El material de su primera edición me pareció excelente.
Javier I. Vitta, Rosario

Soy médica especialista en alergia e inmunología, y estoy dando los primeros pasos en ergometría, disciplina que aplico en mi tarea de asesora del gremio minero, Delegación Sierra Grande (Hipasam). Vuestra publicación llena el vacío que había en cuanto al acceso a otras disciplinas no médicas en un solo ejemplar. Me entusiasmó muchísimo el trabajo sobre los relojes biológicos; hace tiempo que vengo insistiendo en el tema, que comencé a conocer cuando empecé a estudiar prostaglandinas y leucotrienos, y más tarde cuando por diversas razones me fui dedicando a la medicina laboral. También me impactó el perfil de Rodolfo Casamiquela por varias razones: por ser autóctona de esta tierra, por estar vinculada desde niña con su temática y por conocer la personalidad sensible y exquisita que posee este humilde hombre, cuya trayectoria es tan fructífera como poco difundida en los centros académicos de nuestro país.
Clorinda R. Costa, Viedma

Me dirijo a los editores para expresarles mis felicitaciones por la publicación del primer número de la revista *Ciencia Hoy*. La calidad de las contribuciones y la belleza de la presentación permiten augurar un buen recibimiento del público. En la medida de lo posible divulgaré entre los asociados de la Asociación Física Argentina, de la cual soy presidente, la necesidad de publicar en vuestra revista artículos que informen sobre las investigaciones en física que se realizan en nuestro país.
Roberto Rivarola, Rosario

Ciencia Hoy ha logrado algo que, para un suscriptor de años de *Scientific American, Science News, American Scientist* y *The Skeptical Enquirer* parecía absolutamente imposible: una revista con un lenguaje no iniciático que abarca todas las disciplinas y que prueba que la ciencia en la Argentina también existe.
Alejandro Ares, Buenos Aires

El número inicial de la revista me parece de primer nivel , con temas no sólo variados sino también de candente actualidad como el del aborto (lo es también aquí, en Canadá). Me apasionó el artículo sobre los relojes biológicos, el perfil de R. Casamiquela sobre los grandes "olvidados" de la historia/realidad argentina y la complejidad de las relaciones entre neurociencias y psicología. Las secciones breves y la temática social de la ciencia (por ejemplo "No a las armas nucleares") son aciertos particulares, lo mismo que la nota de Lattes sobre emigración de argentinos. La calidad técnica, desde el papel y las ilustraciones hasta los gráficos, excelentes.
Alberto Ciria, Vancouver (Canadá)

Quiero hacerles llegar mis saludos y felicitarlos por editar la revista *Ciencia Hoy*. Tengo 14 años y mis ganas de conocer me han llevado a la compra de textos informativos de ciencia actual. Creo que encontré lo que realmente buscaba en vuestra revista. Es la única publicación científica nacional que se ocupa seriamente y en profundidad de los problemas de la actualidad científica y técnica de nuestro país, además de tener gran calidad de impresión. Creo que me va a servir de mucho y por eso les pido que me digan cómo puedo conseguir el primer número, que se agotó en mi provincia, tan aislada en esta área.
Guillermo L. Wilde, Salta

• *El ejemplar va por correo.* Ciencia Hoy *se siente halagada por contar al joven Wilde entre sus lectores.*

Expreso mi satisfacción por haber recibido la revista *Ciencia Hoy*, excelente publicación de gran calidad, donde se alternan distintas ramas del conocimiento, prolijamente desarrolladas y que me facilitan el aprendizaje de otras disciplinas que, por mi profesión de médico, estaban marginadas. Excelentes los artículos "Los relojes biológicos" y "Aborto", este último desde un punto de vista interesante. El editorial del número inicial me pareció brillante, concreto y realista, y va mi adhesión plena con su pensamiento. Una sugerencia: creo que los autores de las publicaciones deberían especificar la profesión o título que ostentan, ya que no figuran junto al nombre, y además la dirección para enviar correspondencia.
Mariano Grilli, Mar del Plata

• Ciencia Hoy *agradece las sugerencias de los lectores: ha de tenerlas en cuenta en el futuro. La correspondencia destinada a los autores puede ser enviada a la dirección postal de la revista, que la hará llegar a aquéllos. Lo cual, por otra parte, ya ha ocurrido.*

DISENSOS

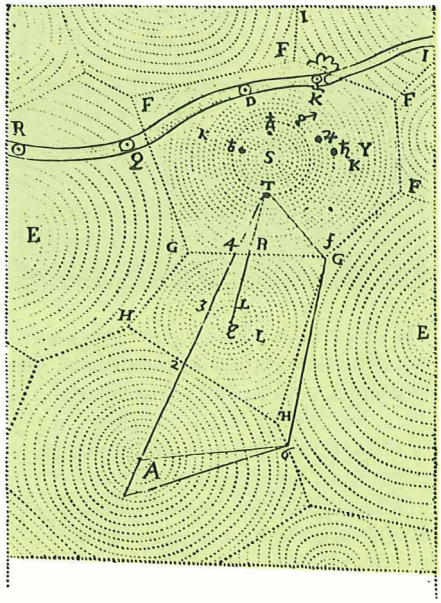
Con respecto a la objeción de M. Bunge, publicada en "Cartas de lectores" del nº 2 de *Ciencia Hoy*, debo expresar que la considero marcadamente tendenciosa y por tanto poco esclarecedora. Recuerdo aquella amplia y profunda sentencia de Ricardo Rodulfo en el debate sobre neurociencias y psicología (*Ciencia Hoy*, nº 1, pág. 20): "El desconocimiento de que nos falta conocimiento suele producir, además de omnipotencia, gruesos errores que pueden costar, a veces, hasta la vida". Y también la que pronunciara el protagonista de *Hombre mirando al sudeste*, el film de Subiela, cuando manifiesta que el motivo de su estada en la Tierra es la de conocer las razones de la estupidez humana. Felicito a los editores por la contestación emitida.
Raúl Taboada, La Plata

• *En el editorial de su primer número* Ciencia Hoy *afirmaba que considera indispensable la libertad de pensamiento y la posibilidad del disenso. Por ello ha publicado la carta de M. Bunge, el comentario de los editores y, ahora, la opinión del lector Taboada.*

IDENTIFICACIONES

Con relación a la fotografía que se publica en la pág. 60 de *Ciencia Hoy*, nº 2, y que ilustra el perfil de Guido Beck, quisiera indicar las siguientes identificaciones: (4) R. Grandón, del Observatorio de la Universidad de Chile; (9) A. Völsch, del personal del Observatorio de Córdoba; (30) H. Trouet, Secretario del Observatorio; (34) R.F. Sanford, del Observatorio de Mount Wilson, A J. Bobone, astrónomo del Observatorio, corresponde (20) y no (21). El apellido correcto de (46) es Jagsich, profesor de la Universidad de Córdoba. (8) corresponde al director del Observatorio Naval, pero no estoy seguro de que el nombre indicado sea el correcto.
Jorge Sahade, La Plata

• Ciencia Hoy *agradece la información proporcionada por el lector.*



MALENTENDIDO

Según entiendo, el objetivo de la revista es reflejar lo que acontece hoy en el mundo de la ciencia, en la Argentina. Aunque en general las pocas revistas de divulgación en ciencias que conozco no utilizan un discriminador geográfico para la selección del material a publicar, podría comprender que, quizá, lo que se busca es ofrecer oportunidades a científicos argentinos de dar a conocer los resultados de su investigación. Sin embargo, me ha dolido lo que he interpretado (espero que equivocadamente) como una marginación de colegas argentinos residentes en el exterior en tanto potenciales contribuyentes a la revista. Creo que de muchas maneras los científicos argentinos somos contribuyentes a la ciencia argentina y estimo que tal discriminación no sería justa. Mucho agradecería a los editores si me pudiesen comentar la postura de *Ciencia Hoy* en ese sentido.
Eddie Duek, Upton (Estados Unidos)

• *La interpretación del lector es, efectivamente, equivocada. No existe tal marginación. Por el contrario,* Ciencia Hoy *tiene sus páginas abiertas a toda colaboración proveniente de argentinos y latinoamericanos, residan o no en su país de origen. A modo de ejemplo, el lector puede consultar la página 68 de este número.*

INCOMPRENSIÓN

Deseo manifestar mi agrado por el primer número de la revista, por la calidad de su presentación y la variedad e interés de sus artículos, comprensibles en general para el lector informado. Apreciaría una mayor intención de claridad en temas de ciencia pura; muchas veces se desea una aclaración entre paréntesis o al pie de página, que enseñaría al par que mejoraría la comprensión del texto. Como ejemplo para mí pondría el artículo sobre las supercuerdas, que me resultó en su mayor parte incomprensible.
Tulio C. Jones, Buenos Aires

• *El autor del artículo sobre las supercuerdas ha prometido no reincidir.*

ALTERNATIVAS

A propósito del artículo "Energía: el azar y la necesidad", publicado en *Ciencia Hoy*, nº 2, pág. 47, se me ocurren algunas reflexiones vinculadas con la posibilidad de emplear las llamadas fuentes alternativas de energía (solar, eólica, de la biomasa, geotérmica, mareomotriz, etc.). El panorama de la oferta energética actual es dominado por los combustibles fósiles, la energía nuclear y la hidroelectricidad. Sin embargo, la agotabilidad de recursos como el petróleo y el carbón, el temor a los accidentes y a la acumulación de residuos de las centrales nucleares o el creciente costo de los emprendimientos hidroeléctricos parecen indicar la necesidad de promover el desarrollo de nuevas fuentes energéticas. Entre otras ventajas, según se afirma, éstas permitirían lograr cierta independencia en el abastecimiento energético, reducir costos de distribución en poblaciones dispersas y, en especial, disminuir el impacto ecológico de muchas de las actuales tecnologías. Sería de interés, a mi entender, que *Ciencia Hoy* se ocupase del tema, acerca del cual hay versiones periodísticas contradictorias, e hiciese referencia a la situación actual en cuanto al empleo de tales fuentes energéticas no sólo en el mundo sino también en nuestro país.
José U. Fernández, San Miguel

• Ciencia Hoy *considera la posibilidad de publicar un artículo destinado a tratar la cuestión. Entretanto ha trasladado la inquietud del lector a A. T. Rapallini, Director Nacional de Conservación y Nuevas Fuentes de Energía, quien comenta lo siguiente:*

Es conveniente clasificar a estas nuevas fuentes de energía en dos categorías según su uso final: aquéllas que tratan de reemplazar a los sistemas de generación en gran escala y las que apuntan a satisfacer demandas relativamente pequeñas y dispersas. Esta consideración es importante pues, en general, la competitividad de las primeras tendrá más estrecha relación con el costo de generación de la energía que intenta sustituir, mientras que, para las segundas, los costos de distribución y la disponibilidad del recurso son factores determinantes.

Los países más desarrollados han puesto mayor énfasis en la generación en gran escala, fundamentalmente porque cuentan con sistemas de distribución de amplia cobertura. Ejemplo de ello es el caso norteamericano, donde la generación de electricidad es la principal aplicación. Menciono algunas cifras representativas: se obtienen 3000 MW a partir de la biomasa (madera, residuos municipales y agrícolas), 3000 MW de pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, 2000 MW de instalaciones geotérmicas, 1400 MW de máquinas eólicas, 200 MW de plantas solares fototérmicas y 10 MW de solares fotovoltaicas. (Como referencia, la demanda energética del Sistema Interconectado Nacional, en nuestro país, oscila entre unos 2000 y 8000 MW.)

No todas las fuentes alternativas han alcanzado el mismo grado de desarrollo. Otras, pese a haber alcanzado niveles de competitividad, se han visto afectadas por la marcada reducción de los precios del petróleo en 1985. Por otra parte, el principal escollo que deben superar las nuevas fuentes es, al margen del generalizado desconocimiento de sus reales posibilidades y limitaciones, la falta de adecuados mecanismos de financiación. En parte ello se debe a la necesidad de contar con metodologías de evaluación que las pongan en un plano de igualdad con las llamadas convencionales y a que, por requerir en muchos casos mayores inversiones iniciales, los países con alto nivel de endeudamiento o con serias limitaciones en el mercado de capitales carecen de medios para promoverlas aun cuando su conveniencia esté claramente demostrada.

En nuestro país, en razón de la cantidad de población alejada de los centros de distribución energética, por su extensión y por el potencial que ofrecen las fuentes alternativas, su utilización se justifica desde tres perspectivas:
(a) cubrir demandas insatisfechas en zonas aisladas y con remotas posibilidades de interconexión;
(b) sustituir y/o complementar sistemas aislados (regionales) de generación; y
(c) contribuir al Sistema Interconectado Nacional. Actualmente existen tecnologías probadas y con posibilidades de competir en el contexto argentino para satisfacer los dos primeros objetivos.

En materia de aprovechamiento de la energía solar en la Argentina pueden mencionarse como ejemplos: la conversión fotovoltaica para abastecer sistemas de comunicación, de iluminación, de seguridad para la navegación aérea y marítima, de repetidoras de televisión y la conversión térmica para calentamiento de agua de uso doméstico. Existen en funcionamiento aerogeneradores de producción nacional de hasta 2 kW y turbinas (Michel-Banki) de hasta 50 kW. En términos de potencia estas instalaciones no son significativas, pero su contribución al mejoramiento de la calidad de vida está fuera de discusión.

También tiene lugar en nuestro país la utilización energética de la biomasa en sus formas de leña, carbón, bagazo (en la industria azucarera) y del alcohol.

La geotermia, la energía eólica y solar para generar grandes potencias y la energía mareomotriz son una realidad en el contexto internacional, pero en la Argentina sólo representan posibilidades en estudio. La energía mareomotriz, si bien ofrece un potencial de gran significación, no es competitiva con los proyectos hidroeléctricos en construcción o en carpeta. Tal es el caso del único proyecto considerado en profundidad, el de la Península Valdés. Existe un interesante potencial en materia geotérmica en lugares como Copahue y Domuyo, en Neuquén, y en Tuzgle-Tocomar-Pompeya, en el límite de las provincias de Jujuy y Salta. La planta piloto de Copahue es una avanzada de interés en la materia, pero sólo genera 670 kW. La generación eólica en gran escala, que ha tenido notable desarrollo en el contexto norteamericano y europeo (particularmente Dinamarca), es una interesante alternativa para la región patagónica, pero sólo los estudios de factibilidad que se han programado dirán cuáles son sus posibilidades reales.

Corresponde señalar finalmente que, a la luz de los desarrollos tecnológicos actuales en materia de fuentes no convencionales de energía, éstas no constituyen todavía una solución para el abastecimiento energético futuro, por lo cual la oferta nuclear e hidroeléctrica no puede ser desechada.

15

CARTAS DE LECTORES 1

EDITORIAL 7

AQUÍ CIENCIA 8

Estudios detallados de los cromosomas permiten llegar a la sorprendente conclusión de que las diferencias entre machos y hembras residen en solamente dos genes. También en nuestro país se realizan investigaciones genéticas de esta naturaleza.

En marzo del presente año se tuvo conocimiento de experimentos que parecían significar avances decisivos para el logro de la fusión nuclear controlada. Hoy en día, sin embargo, los científicos han adoptado una actitud más cautelosa, pues los resultados anunciados no parecen ser concluyentes.

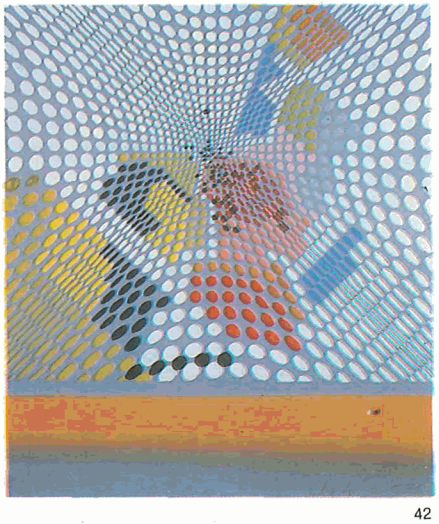
18

ENTREVISTA 18

"Si enseñamos a las personas a respetar por demás a la ciencia, estaremos socavando la posibilidad de criticar a la tecnocracia." Pierre Thuillier, epistemólogo, historiador de la ciencia y editor de *La Recherche*, formula apreciaciones como ésta en el transcurso de una entrevista en la que se aborda el problema del protagonismo de la ciencia en el mundo contemporáneo.

OPINIÓN 26

En materia de drogadicción la legislación vigente discrimina entre sustancias de consumo permitido, como el alcohol y el tabaco, y otras prohibidas, como la marihuana, la cocaína y la heroína. ¿Considera la ley los riesgos reales que acarrean cada una de ellas? Dos especialistas opinan acerca de este controvertido tema, que involucra cuestiones tales como los criterios que deben emplearse para decidir si es conveniente o no la desincriminación y legalización de la droga.



42

ARTÍCULOS

LA ARQUITECTURA DE LAS NEURONAS 34

Alfredo Cáceres

La gran variedad de formas que adoptan las neuronas se explica en razón de los complejos procesamientos de información que realizan estas células. La neurobiología investiga ahora los factores que determinan tal diversidad.

¿Y ESTO POR QUÉ SE ROMPIÓ? 42

José R. Galvele

Por acción del medio ambiente, ciertos materiales dúctiles se comportan sorpresivamente como frágiles y originan perjudiciales roturas. Sólo en la actualidad se ha comenzado a comprender en términos teóricos la razón del fenómeno.

INFLACIÓN E HIPERINFLACIÓN 52

Roberto Frenkel

El régimen de inflación alta, característico de la economía monetaria argentina, coloca a los contratos nominales en el límite de sus posibilidades de supervivencia. El paso siguiente es la hiperinflación.

CIENCIA EN EL MUNDO 62

La llamada teoría inflacionaria del universo goza de razonable aceptación entre los cosmólogos. Sin embargo, algunos físicos sostienen que la índole de los problemas que trata de resolver son, por su propia naturaleza, metafísicos.

RESEÑA 64

Mediante un aparato teórico que entrecruza la crítica literaria y la sociología de la cultura, Adolfo Prieto examina en su último libro el papel del discurso criollista en la formación de la Argentina moderna.

EL LECTOR PREGUNTA 67

No es posible todavía disponer de una vacuna contra el mal de Chagas. Las dificultades que se presentan no son específicas de esta enfermedad, sino en general de todas las originadas por protozoarios parásitos.

CIENCIA Y SOCIEDAD 68

Hace treinta años fallecía Eduardo Braun Menéndez, protagonista y maestro de la fisiología argentina. La semblanza que de él traza un discípulo le permite afirmar que, hoy, Braun Menéndez nos falta por todas partes.

En la actualidad se advierte un incremento significativo de madres adolescentes, expuestas a riesgos acentuados por la desinformación y la desigualdad social. Pese a la gravedad del problema, no existen en nuestro país estudios documentados al respecto.

Desarrolladas en el laboratorio a partir de métodos biotecnológicos, las semillas artificiales constituyen un novedoso y revolucionario avance de las agrociencias. Estas nuevas técnicas permitirán la producción masiva de especies valiosas y libres de afecciones.

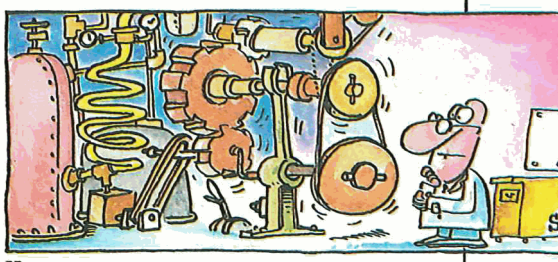
Un documento emitido por ecólogos argentinos, preocupados por las perspectivas ambientales, advierte acerca de las consecuencias nocivas que puede originar el crecimiento económico sobre la biosfera.

La creación del Foro de Sociedades Científicas Argentinas intenta proporcionar un ámbito adecuado para la discusión y el análisis interdisciplinario de la problemática científica y tecnológica del país.

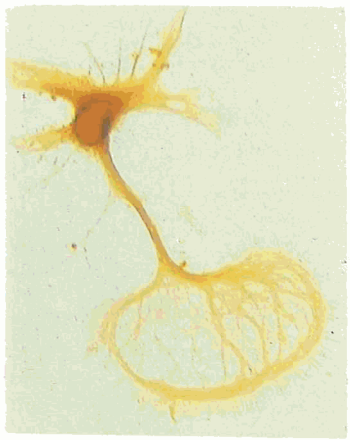
MEMORIA DE LA CIENCIA 78

A doscientos años de la publicación del *Tratado Elemental de Química* se recuerda la figura y la obra de su autor, Antoine L. Lavoisier, considerado con justicia como uno de los iniciadores de la química moderna.

52



77



41

78

Publicación bimestral de la Asociación Ciencia Hoy.

Sede: Avda. Corrientes 2835, Cuerpo A, 5° A (1193) Buenos Aires, teléfonos 961-1824 y 962-1330.

Editores: Jorge Balán (Centro de Estudios de Estado y Sociedad), Daniel R. Bes (Departamento de Física, Comisión Nacional de Energía Atómica), Olga Dragún, *coordinadora* (Departamento de Física, Comisión Nacional de Energía Atómica), Patricio Garrahan (Instituto de Química y Fisicoquímica Biológicas, Universidad de Buenos Aires-CONICET).

Editor Asociado: Guillermo Boido (Departamento de Física, Universidad Nacional de La Plata).

Consejo Editorial: Elvira Arrizurieta (Instituto de Investigaciones Médicas "Alfredo Lanari", Universidad de Buenos Aires), Ennio Candotti (Instituto de Física, Universidad Federal de Río de Janeiro, *miembro invitado*), Elena Chiozza (División Geografía, Universidad Nacional de Luján), Emilio de Ipola (Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires), Armando Haeberer (Escuela Superior Latinoamericana de Informática), Jorge E. Hardoy (Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo), Juan A. Legisa (Instituto de Economía Energética, Fundación Bariloche), Alejandro C. Paladini (Instituto de Química y Fisicoquímica Biológicas, Universidad de Buenos Aires-CONICET), José Pérez Gollán (Museo Etnográfico, Universidad de Buenos Aires-CONICET), Osvaldo Reig (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires), Fidel Schaposnik (Departamento de Física, Universidad Nacional de La Plata-CIC).

Secretaría de Redacción: Heber Cardoso (coordinador), Marta Beck (secretaria).

Edición de Texto: Susana Frentzel Beyme, Gabriela Tenner.

Edición de Arte: Pablo Barragán (jefe), Verónica Mendivil (armado).

Administración: Carlos García Blaya (gerente), Graciela Cortesano, Claudia Medina Castro (asistentes), María García Blaya, Stella Maris Gramajo (servicios internos).

Colaboradores: Roberto Fontanarrosa, Sendra (humor). Paulo Cavalcante, Raúl Torres (ilustraciones). Andrés Barragán, Fiora Bemporad (fotografía). Francisco Revelli (dibujante). Alberto Bernades (corrección). Angela Saltarelli (traducción). Jorge E. Testoni (redacción). Natacha Pravaz (revisión de texto). María E. Adam (archivo). Juan A. Massuco (depósito y expedición).

Ciencia Hoy agradece la gentileza del Museo de Arte Contemporáneo y del Museo de Arte Moderno por autorizar la reproducción de obras de Juan C. Distéfano y Carlos Silva, que pertenecen a sus respectivas colecciones.

Tapa: Carlos Silva, "ITL", que ilustra el artículo *¿Y esto por qué se rompió?* (pág. 42). Foto Andrés Barragán.

Publicidad: Luis Ibarra.

Promoción: Graciela Domenech.

Consejo Científico (en formación): Rodolfo M. Casamiquela (Fundación Ameghino), Roberto Fernández Prini (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires). Juan José Giambiagi (Centro Latinoamericano de Física). Ranwell Caputto (Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba). Eugenia Sacerdote de Lustig (Instituto "Angel Roffo", Universidad de Buenos Aires). Samuel Taleisnik (Instituto de Investigación Médica "Mercedes y Martín Ferreira"). Gregorio Weinberg (CONICET).

Corresponsal en Bariloche: Edgardo Angel Bisogni (Instituto Balseiro, Centro Atómico Bariloche) Avda. Ezequiel Bustillo, km 9,5 (8400) San Carlos de Bariloche.

Corresponsal en La Plata: Néstor Murgier (Departamento de Geografía, Universidad Nacional de La Plata), calle 42 N° 1092 (1900) La Plata, teléfono (021) 24-8208.

Corresponsal en Mar del Plata: Alberto De La Torre (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata), Funes 3350 (7600) Mar del Plata, teléfono (023) 72-3831.

Corresponsal en Rosario: Carlos Galles (Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería, Universidad Nacional de Rosario), teléfono (041) 63451.

Corresponsal en Madrid: Fiora Bemporad, Comercio 4 - 2ª escalera 4° "H" (28007) Madrid.

Corresponsalía en Río de Janeiro: Revista *Ciência Hoje*. Av. Venceslau Brás 71, fundos, casa 27, Río de Janeiro, CEP 22290, teléfonos (021) 295-4846, 295-4442, 275-8795, télex (021) 36952. En esta dirección puede adquirirse *Ciencia Hoy* al costo de NCz$ 40 abonarse a una suscripción por seis números al costo de NCz$ 20. *Ciência Hoje* puede adquirirse en Corrientes 2835, Cuerpo A, 5° A (1193) Buenos Aires al costo de ₳ 500, o suscribirse a 11 números por ₳ 5.000. (Oferta válida hasta el 31/7/89).

Suscripciones: América latina (excepto Argentina) **y Africa** (6 números): u$s 50 (aéreo). **EE.UU. y Europa** (6 números): u$s 60 (aéreo).

Distribución: En Capital y Gran Buenos Aires, Rubbo S.R.L. En interior, DISA S.A.

Asociación Ciencia Hoy: Es una asociación civil, sin fines de lucro, que tiene por objetivos: a) divulgar el estado actual y los avances logrados en la producción científica y tecnológica del país; b) promover el intercambio científico con el resto de Latinoamérica a través de la divulgación del quehacer científico y tecnológico de la región; c) estimular el interés del público en relación a la ciencia y la cultura; d) editar una revista periódica que difunda el trabajo de científicos y tecnólogos argentinos, y de toda Latinoamérica, en el campo de las ciencias formales, naturales, sociales y de sus aplicaciones tecnológicas; e) promover, participar y realizar conferencias, encuentros y reuniones de divulgación del trabajo científico y tecnológico del país; f) colaborar y realizar intercambios de información con asociaciones similares de otros países.

Comisión Directiva: Roberto Perazzo (Presidente), José Mayo (Vicepresidente), Enrique Segura (Secretario), Marcos Saraceno (Prosecretario), Olga Dragún (Tesorera), Jorge Balán (Protesorero). El mandato de la Comisión Directiva dura de marzo de 1988 a marzo de 1990.

Difusión: Aníbal Gattone, Patricia Morales.

Para la publicación de esta revista contribuye la Secretaría de Ciencia y Técnica. Colaboraron en la realización de este número la Comisión Nacional de Energía Atómica, la Universidad Nacional de La Plata, la Fundación Antorchas y KWU Servicios S.A. Se agradece el apoyo recibido de los editores y equipos técnicos de la revista *Ciência Hoje*.

ISSN 0327-1218: Registro de la Propiedad Intelectual en trámite. Fotocomposición de Fototipia Linfoseter S.A., Agrelo 3259, Buenos Aires, fotocromos de Grafcolor Reproduções Gráficas Ltda. Impresión de Bloch Editores S.A. Impresa en Brasil.

REVISTA

ética & ciencia

ética & ciencia Nº 1

Mario Bunge
Investigación y simulación

Patricia Morales
Comentario de la Dirección

Bertrand Russell
Las responsabilidades sociales de los científicos

Carlos Lungarzo
La ciencia y la ética en B. Russell (comentario a 'Las responsabilidades sociales de los científicos')

Alejandro Vigo
Algunos aspectos de la noción de progreso en Grecia clásica

José F. Westerkamp
Hacia dónde va la humanidad

Luis Santaló
Aspectos de la ciencia

Francisco Naishtat
Técnica y ética

Ricardo Maliandi
La sociobiología y las responsabilidades éticas

ética & ciencia Nº 2

Luis Quesada
Leloir, 1906-1987

José Mainetti
El caso de la crotoxina

Patricia Morales
Un lugar para la ética en la investigación científica

Mihailo Markovic
Etica y desarrollo social

Eduardo Antín
La comunidad científica

Immanuel Jakobovits
Los experimentos médicos con seres humanos en la legislación judía

Emanuel Levin
El episodio de Azul

Marcelo Gutiérrez Brida
La racionalidad ante los conflictos bélicos

ética & ciencia Nº 3

Carlos Abeledo
El CONICET y la comunidad científica

Claire Ambroselli
Comité de ética y razón de estado: la historia de la medicina cuestionada

Patricia Morales
Integración regional

Mihailo Markovic
Etica y desarrollo social

Eduardo Subirats
El intelectual en la crisis contemporánea

Gustavo Malek
Ciencia y ética: la responsabilidad social del científico

Ennio Candotti
Ciencia y tecnología en la Constitución brasileña

Liliana Kaplan
Comités de ética en el mundo.

SUSCRIPCION (4 números)

Argentina
simple ..... A 400.-
certificado ..... A 700.-

Exterior aéreo
individuos ..... $ 10.-
instituciones ..... $ 20.-

CORRESPONDENCIA Y SUSCRIPCIONES
"ética & ciencia", C.C. 94 Suc. 19,
1419 Buenos Aires, Argentina.
Tel. 572-1050 y 572-5766, Fax 54-1-311-7890.
Giros y cheques a nombre de Sergio R. Zagier.
Indicar a partir de qué número se desea la suscripción.

LA CREDIBILIDAD DE LOS CIENTÍFICOS

La fusión nuclear es un fenómeno físico capaz de proporcionar una fuente prácticamente inagotable de energía. Además, tiene sobre la fisión la ventaja de no producir desechos radioactivos peligrosos. La fusión proporciona energía a las estrellas y, reproducida por el hombre en forma descontrolada, ha dado lugar a la bomba de hidrógeno. Se han gastado enormes esfuerzos e ingentes sumas de dinero para obtener una reacción de fusión controlada, pero apostar a que ésta será la fuente de energía del futuro tiene todavía muchas analogías con tratar de resolver los problemas económicos jugando al PRODE: el premio es grande pero la probabilidad de obtenerlo es muy pequeña. Hubo en el pasado anuncios espectaculares sobre fusión nuclear controlada. Todos resultaron erróneos. En su número del 8 de mayo la revista estadounidense *Time* recuerda los casos de los alemanes F. Paneth y K. Peters en 1926, de R. Richter en Argentina en 1951, del norteamericano L. Alvarez en 1956 y del británico Sir J. Cockroft en 1958.

El 23 de marzo de este año los químicos M. Fleischmann y B. S. Pons anunciaron el descubrimiento de un nuevo y sencillo proceso de fusión nuclear controlada. La noticia fue dada en el transcurso de una conferencia de prensa. Este es un procedimiento inusual, ya que es norma que la difusión de hallazgos científicos al gran público debe necesariamente estar precedida por su comunicación a ámbitos especializados y contener suficientes detalles como para permitir su evaluación por parte de los expertos en el tema. Tal norma es a veces criticada pues (según se afirma) permite que el "establishment" censure las innovaciones que violan teorías corrientemente aceptadas o que provienen de grupos de investigación "marginales". Sólo después de la mencionada conferencia de prensa un artículo escasamente explicativo fue aceptado por una revista suiza no especializada en física nuclear (el *Journal of Electroanalytical Chemistry*). Otro artículo de los mismos autores, enviado a la prestigiosa revista *Nature*, fue retirado cuando los editores solicitaron una ampliación de la información antes de publicarlo.

Sobre la única base de la noticia periodística innumerables laboratorios se apresuraron a reproducir el experimento, tratar de comprender el fenómeno y compartir la gloria de los descubridores. El efecto de los medios masivos fue amplificado por el "correo electrónico", que conecta en red a los centros de investigación, permitiendo la distribución casi instantánea de información en cualquier nivel de elaboración. Para los correos electrónicos no rigen las normas de evaluación previa comunes a toda revista científica y la difusión de información a través de ellos queda limitada al criterio de los científicos. En el asunto que nos ocupa todas las limitaciones fueron desbordadas y a través de las redes de correo electrónico circuló una avalancha de información que también sirvió de materia prima para su amplificación por la prensa.

El anuncio tenía el atractivo adicional de un descubrimiento realizado por científicos muy alejados del "establishment" de los expertos en fusión nuclear, con recursos muchísimo menores que los miles de millones de dólares invertidos hasta ahora sin éxito para lograr la fusión nuclear controlada. A la presión de los medios se sumó el desafío científico legítimo de comprender cómo la energía de procesos químicos podía influir en procesos nucleares caracterizados por energías millones de veces mayores. El sector político también se vio afectado: a pesar de los comentarios escépticos de los especialistas, algunos miembros del Congreso de los Estados Unidos elogiaron las virtudes de la "ciencia pequeña" (*little science*) y aplaudieron "un descubrimiento americano que cambiará la faz de la tierra". Al leer en la Argentina expresiones de este tipo es difícil no pensar en el episodio de la crotoxina y concluir que, aun en un país altamente desarrollado, es difícil evitar que los políticos vean con simpatía acrítica aparentes descubrimientos cuando éstos estimulan el ego nacional y que en un ambiente de euforia las voces que llaman a la reflexión tienen poca resonancia.

La comunidad científica argentina también se sintió conmovida por los anuncios acerca de la fusión nuclear en frío. Si bien nuestro potencial científico dista de ser el deseable, existen grupos de trabajo de sólida tradición. Es así como aquí se pudo, en breve tiempo, reproducir experimentos realizados en el exterior y llegar a conclusiones propias, permitiendo que nuestra sociedad pudiera formarse una opinión independiente acerca del tema. En este número de *Ciencia Hoy* (véase página 12) los científicos que participan en estas experiencias exponen sus resultados. Destaquemos que los investigadores argentinos actuaron con cautela, evitando todo sensacionalismo.

En el momento de escribir este editorial los resultados de Fleischmann y Pons no pudieron ser aún confirmados por otros laboratorios. Es probable que el procedimiento de estos autores no dé lugar a la fusión nuclear, aunque origine problemas de interés para la física y la química y, por qué no, también para la sociología de la ciencia. El vedetismo no es un valor necesario para los científicos. Sí lo es su credibilidad, la que ciertamente se ha visto afectada por los procedimientos seguidos en este caso.

Parece por lo tanto confirmarse la idea de que la publicación de resultados luego de un análisis crítico por especialistas sigue siendo el medio para difundir hallazgos científicos que ofrece más garantías, no sólo a la comunidad científica sino a toda la sociedad. Y esto también es válido, en particular, para aquellos artículos que pretenden divulgar la ciencia al gran público.

Los editores

A nuestros lectores

Los avatares de la situación económica que vivimos han alcanzado también —no podía ser de otra manera— a *Ciencia Hoy*. Antes de llegar a estas líneas, el lector ya habrá advertido dos secuelas que el fenómeno deja en nuestra revista. La demora en la aparición de este número es una de ellas. La otra consiste en el precio de tapa que hemos debido fijar. Pese a que ambas circunstancias tienen origen en hechos ajenos y contrarios a los propósitos editoriales de *Ciencia Hoy*, no podemos menos que presentar las disculpas del caso a nuestros lectores y confiar en que, no obstante las actuales dificultades, seguiremos contando con la adhesión que nos han brindado hasta ahora.

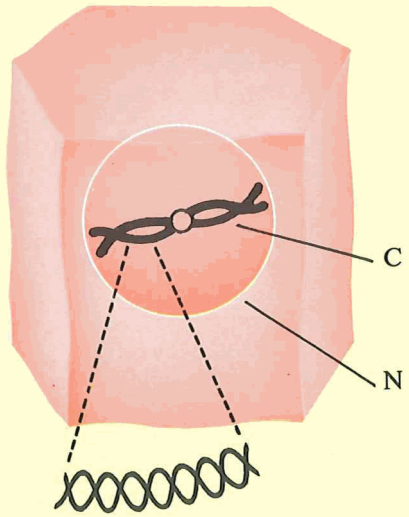
Sobre machos y hembras

Es bien conocido que los individuos hembra y macho en las distintas especies de mamíferos —incluida la especie humana— difieren entre sí a un nivel microscópico (celular) por poseer ciertos cromosomas diferentes: los "cromosomas sexuales" o "heterocromosomas". Así en la mayoría de las especies de mamíferos, las hembras llevan un par de cromosomas "X" en sus células, mientras los machos llevan un X y un cromosoma diferente, el "Y", casi siempre bastante más pequeño que el X. Por ejemplo, en la especie humana el cromosoma X es de mediano tamaño y con centromero (constricción primaria) casi central, mientras el Y es muy pequeño y con centromero cerca de un extremo (véase figura 1).

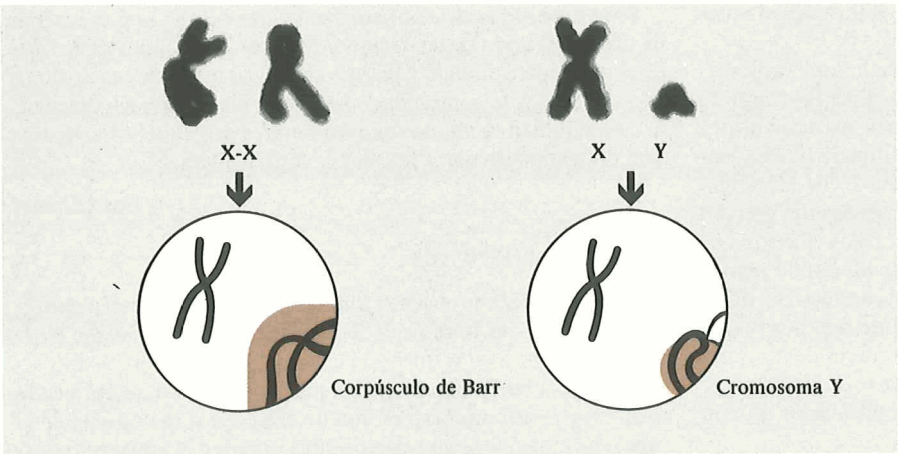
A primera vista, la diferencia genética entre los sexos parecería manifiestamente grande y, sin embargo, no lo es tanto. Esto es así porque en el sexo femenino, en todas las células no sexuales (somáticas) uno de los dos cromosomas X está permanentemente inactivado, formando un corpúsculo denso llamado "cromatina sexual" o "corpúsculo de Barr", compensándose de esa manera la doble "dosis" de genes contenida en los cromosomas X de la hembra en comparación a la que tiene el único X del macho (véase figura 1). Así la diferencia queda limitada al cromosoma Y (más una pequeña parte del X que "escapa" normalmente de la inactivación).

Sin embargo, el cromosoma Y es pequeño y posee también muchas regiones aparentemente inactivas. Por ello, la identificación de genes específicos dentro del Y ha sido difícil y durante años sólo se ubicó en el mismo al hipotético "Testis determining factor" (Tdf) —en castellano: factor determinante de testículo— que es el gen que determina el sexo masculino, o sea, la formación de testículo. La localización exacta de este factor sólo se ha comenzado a clarificar aplicando sondas de ADN (con técnicas de ingeniería genética) y mediante el estudio de pérdidas parciales de regiones del Y. De esta forma se han localizado unos pocos genes: el Tdf ya citado, el gen del antígeno HY, el gen del antígeno MIC-2 y ciertas secuencias de nucleótidos características (véase figura 2), varias de las cuales, junto al gen MIC-2, también están en un extremo del cromosoma X que se aparea con el Y como se verá después. De esta manera, la diferencia genética entre los sexos queda reducida a una cantidad quizá no mayor de dos genes y sus regiones periféricas; a lo cual habría que agregar, en la hembra, una considerable masa de cromatina inactivada formada por el segundo X y, en el Y del macho, un extraño conjunto de secuencias de nucleótidos aparentemente sin sentido codificante de proteínas.

Esto, sin embargo, no debería sorprender, si se considera que los cromosomas sexuales X-Y muy probablemente se han originado a partir de un par de cromosomas "homólogos" (de igual tamaño y similar contenido génico) y durante el curso de la evolución se han transformado en la pareja "heteromórfica" o disímil que se aprecia actualmente. En muchos vertebrados, como la mayoría de los peces y un número considerable de anfibios y reptiles, no hay cromosomas sexuales diferenciados. Pero la presencia de estos cromosomas en otros grupos de reptiles y peces sugiere que la aparición de cromosomas sexuales heteromórficos se ha producido aparentemente en grupos de organismos y tiempos distintos. En las aves y en los mamíferos son constantes, pero mientras en las aves el sexo heterogamético (que forma dos tipos de gametas o células sexuales, cada uno conteniendo un heterocromosoma distinto) es la hembra (cromosomas Z y W), en los mamíferos es el macho (X-Y). En los mamíferos, la diferencia entre los cromosomas sexuales está



El núcleo (N) de las células humanas contiene la información hereditaria de un hombre o una mujer. Esa información reside en 46 cromosomas (C) constituidos principalmente por largas cadenas de ADN (la sustancia fundamental para codificar el control del desarrollo y funcionamiento de los organismos). Se llama "gen" al segmento de la cadena de ADN que contiene las instrucciones para formar una proteína completa.



Dibujos: Francisco Revelli

Fig. 1. Esquema que muestra cómo los cromosomas sexuales de la mujer (XX) "compensan" su doble "dosis" comparada con los del varón (XY), condensando e inactivando uno de los dos X, que forma el "corpúsculo de Barr" asociado a la envoltura nuclear, mientras gran parte del brazo largo del cromosoma Y permanece también condensado e inactivo (todo ello en las células somáticas).

La realidad tal cual es, para que la conclusión sea suya.

Página/12
el país a diario

El diario sin desperdicio.

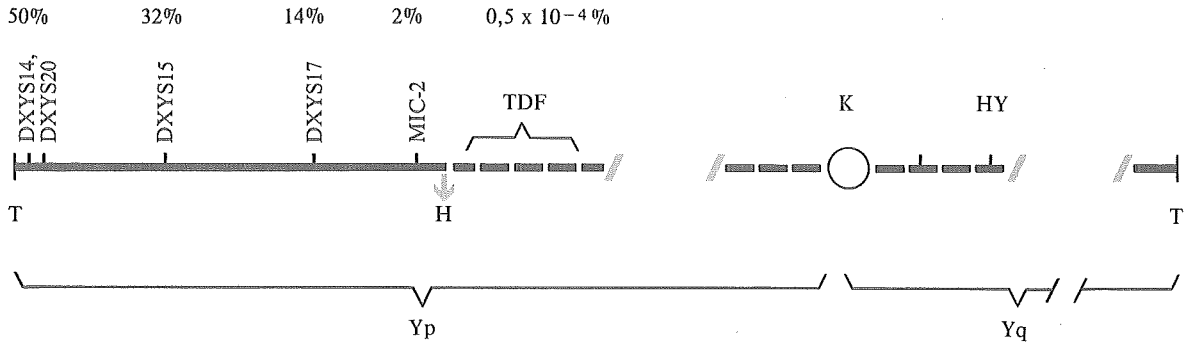


Fig. 2. Esquema del mapa genético del brazo corto (Yp) y de la región pericentromérica del cromosoma Y humano. H marca el límite de la región "homóloga" (también llamada pseudoautosómica), en la cual ocurre obligatoriamente un intercambio genético; las frecuencias de intercambio están señaladas en la parte superior. Mientras las secuencias DXYS14 siempre recombinan (50%), el gen TDF sólo lo hace con una frecuencia de 0,5 x 10^{-4}. K marca el centromero; HY, la localización del gen del antígeno HY. STS es el gen de la sulfatasa esteroidal (*steroid sulfatase*). T, telómeros. DXYS20, DXYS15, DXYS17 son secuencias de nucleótidos identificados por sondas en la región apareante del cromosoma Y humano.

acoplada a la "compensación de dosis" citada y se presume que un remanente del par original (similar) quedaría en la región del extremo del brazo corto del Y, en el caso humano (y en un extremo del Y en la mayoría de los mamíferos). En realidad, el mecanismo heterogamético de determinación del sexo no requiere heterocromosomas, siendo suficiente con un par de alelos (formas alternativas de un gen que se refieren al mismo rasgo), como está demostrado en peces y anfibios. La necesidad de heterocromosomas parecería establecerse cuando la determinación sexual requiere más de un gen (dos o más) y, al mismo tiempo, su *segregación coordinada*: esto es, que los dos (o más) genes involucrados en el sexo *se separen* juntos de sus dos alelos que corresponden al otro sexo. De esta manera, el mecanismo de determinación sexual se integra con la meiosis del individuo heterogamético, en la cual se produce esta segregación.

Durante la meiosis (proceso de división específico de las células sexuales), los dos conjuntos cromosómicos (materno y paterno) de un organismo diploide (o sea, con el juego de parejas cromosómicas completo) se aparean en una primera fase para —luego de una serie de procesos que incluyen la recombinación— *separarse* en la primera división meiótica. Si se requieren dos genes (o más) para la determinación de sexo, el mecanismo más simple para que segreguen juntos es que se encuentren *ligados* en el mismo cromosoma. Este ligamiento involucra no sólo que se encuentren en el mismo cromosoma, sino que *no* sean separables por recombinación génica (bloqueo de la recombinación entre estos genes).

A continuación se comparan el caso de determinación sexual por *un* gen con el caso de *dos* genes necesarios.

Un par de alelos:

A| a| x a| a|

sexo heterogamético — A a + a a — sexo homogamético

(No precisa diferenciación cromosómica)

Dos pares de alelos con *ligamiento necesario*:

$\boxed{\begin{matrix}A|\\B|\end{matrix}}$ a| b| × a| b| a| b|

A a a a

sexo heterogamético — B b + b b — sexo homogamético

(Requiere diferenciación cromosómica)

Los alelos encerrados en la caja necesitan actuar coordinadamente. Para eso precisan estar ligados y está prohibida la recombinación entre ellos. Esto requiere una modificación meiótica: A y B deben segregar de a y b, pero *no pueden recombinar*. Por consiguiente se establece: a) un bloqueo de recombinación a nivel de A-B; b) una recombinación obligatoria por fuera de A-B. Queda así determinado por la evolución biológica el origen de las dos regiones de los cromosomas heteromórficos (la "región apareante" y la "región diferencial").

La presencia de cromosomas sexuales desiguales significa un problema para la meiosis, porque los cromosomas de los conjuntos materno y paterno deben disponerse en parejas lo más ajustadas posible de modo de permitir la interacción entre sus miembros, necesaria para la recombinación génica. Esta recombinación, a su vez, es necesaria para la separación de los componentes de las parejas. La necesidad de apareamiento y recombinación, por un lado, y la presencia de segmentos diferentes, por otro, en la pareja desigual de cromosomas sexuales, llevó a Darlington y Koller (1934) a postular que los cromosomas sexuales constaban de una región apareante y una región diferencial, esta última caracterizada por la ausencia de apareamiento y de recombinación. La hipótesis quedó desacreditada por la falta de evidencia citológica hasta que en 1969 se demostró, en el laboratorio del autor, en la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos AIres, el apareamiento regular de los cromosomas X e Y (véase figura 3). En 1980 se demostró allí mismo la existencia de "nódulos" de recombinación en el par XY humano, y en 1985, mediante sondas de ADN, dos grupos independientes, en Inglaterra y Francia, demostraron la existencia de recombinación obligatoria en el extremo del par XY humano (véase figura 2).

Las parejas de cromosomas requieren por lo menos de un "quiasma" (resultado de una recombinación recíproca) para orientarse normalmente y segregar durante la primera división meiótica, y esta recombinación puede hacerse en cualquier lugar del cromosoma. Pero en los cromosomas sexuales la recombinación sólo podrá hacerse en el segmento apareante. Se ha observado recientemente que la recombinación ocurre, a su vez, apenas en un pequeño sector de esta región apareante, de modo tal que existe un mecanismo adicional, aparte del apareamiento parcial, que hace que la recombinación se produzca en una región específica, aunque dentro de esta región pueda producirse aleatoriamente respecto a los genes contenidos en la misma. Tanto en el par XY humano como en el par ZW de la gallina, la distribución de nódulos de recombinación se realiza dentro de una corta región cercana a los extremos (telómeros) de los cromosomas (véase figura 4). Puede presumirse

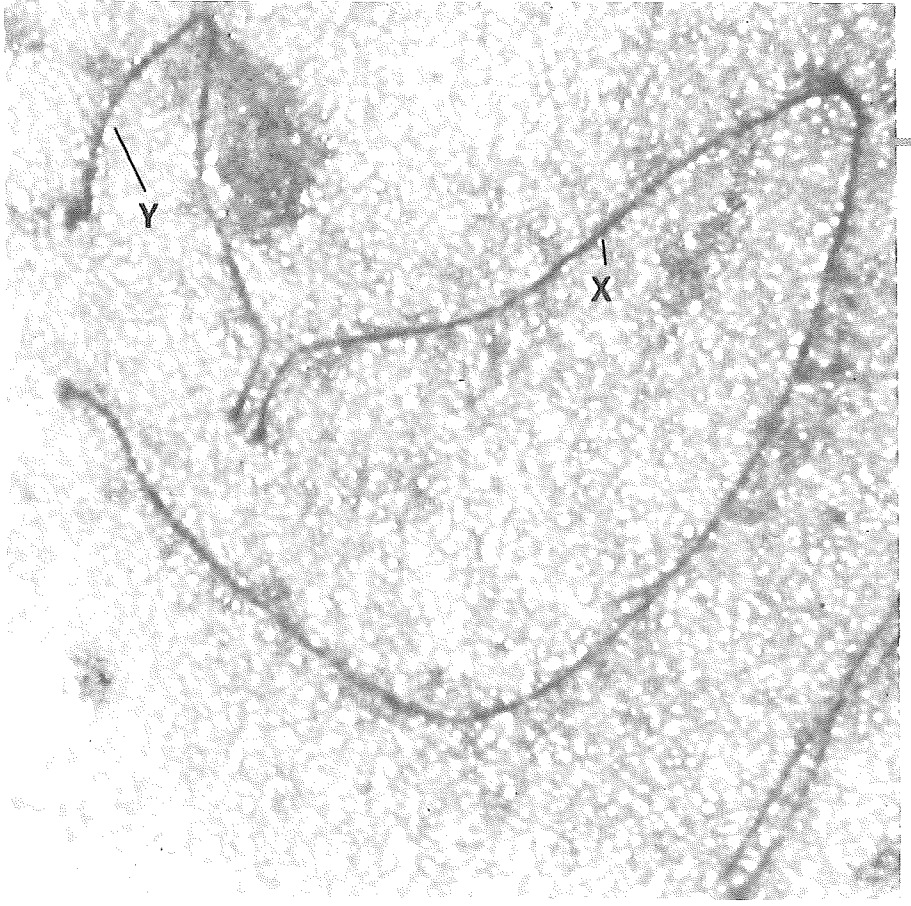


Fig. 3. Micrografía electrónica del par XY humano. El Y y el X están apareados en una corta región cerca de uno de sus extremos.

que existe un tipo de codificación que señala los límites en los que puede desarrollarse esta recombinación y que esta codificación está localizada en el cromosoma Y o W, puesto que el otro cromosoma no muestra este fenómeno en la meiosis del sexo homogamético. La presencia de secuencias especiales de ADN que facilitarían la recombinación ("puntos calientes" de recombinación) es una posibilidad que ha sido sugerida para explicar esta localización.

El éxito de los estudios meióticos y de ingeniería genética al demostrar que los cromosomas sexuales humanos se aparean e intercambian una pequeña parte en forma regular durante la meiosis masculina, ha posibilitado también la identificación del origen de los llamados "varones XX". Esta anomalía —relativamente frecuente, ya que se presenta un caso en 20.000 recién nacidos— se origina en la meiosis del padre, cuando se produce una recombinación errónea a nivel del gen Tdf. En el Y humano, el Tdf se encuentra en el brazo corto y hacia el lado del centromero, cuando se toma como punto de vista el gen MIC-2 (véase figura 2). Este gen, a su vez, forma el límite interno del sector que normalmente muestra recombinación y que termina en el telómero. Ahora bien, el apareamiento entre el X y el Y sobrepasa el centromero (véase figura 4) con regularidad, por lo cual está dada una condición básica para que pueda existir recombinación hasta la región centromérica. Si se cumplen los requisitos adicionales para la producción de recombinación, podría observarse la transferencia del gen Tdf al cromosoma X, aunque sea ocasionalmente. Esto se comprobó hace poco tiempo en un número de varones que presentan su conjunto cromosómico con dos cromosomas X aparentemente normales. El "varón XX" es un síndrome que abarca a hombres con un desarrollo masculino pero estériles; con dos cromosomas X y sin huellas de mosaicismo —que significa la existencia de dos o más líneas celulares cromosómicamente diferentes— para una línea celular que contuviera el cromosoma Y. Recientemente, mediante sondas de ADN se ha comprobado que estos pacientes poseen el gen Tdf transpuesto en la región cercana al extremo de uno de sus cromosomas X.

Alberto J. Solari
Centro de Investigaciones en Reproducción
Universidad de Buenos Aires.

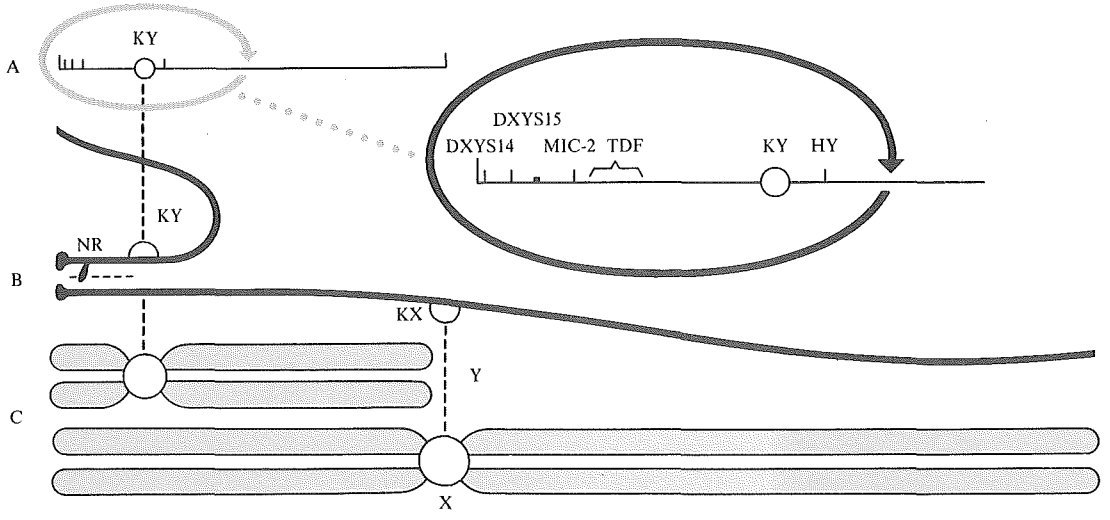


Fig. 4. Comparación entre A, el mapa genético del cromosoma Y humano, B, el esquema del par XY humano durante la meiosis, y C, los cromosomas X e Y humanos durante la fase mitótica. La escala no es la misma entre B y C, puesto que los cromosomas mitóticos (C) son más pequeños debido a su mayor condensación. NR es el nódulo de recombinación; KX y KY, los centrómeros de los cromosomas X e Y. Se señalan además algunos genes conocidos del Y humano.

La Universidad Nacional de La Plata trabaja para la comunidad

- Sus Facultades de Ciencias Naturales e Ingeniería colaboran en el diseño de un plan maestro para solucionar el problema de las inundaciones en la provincia de Buenos Aires.
- Su Facultad de Ingeniería desarrolla un modelo físico-matemático para convertir al de Quequén en un puerto de aguas profundas.
- Su Escuela Superior de Periodismo se ocupa de la publicidad institucional sobre la drogadicción.
- Su Facultad de Ciencias Económicas crea la primera Escuela de Especialización en Economía Bancaria de América Latina.
- Su Programa de Asesoramiento a la Comunidad atiende las demandas de 22 municipios, 6 gobiernos provinciales y varios entes privados.

Estos son, apenas, algunos logros de un programa transformador que concibe a la Universidad como algo más que un centro limitado a la docencia. La Universidad Nacional de La Plata se inserta en la sociedad para contribuir a su desarrollo económico, social y cultural.

Universidad Nacional de La Plata

¿Se enfría o se calienta la fusión fría?

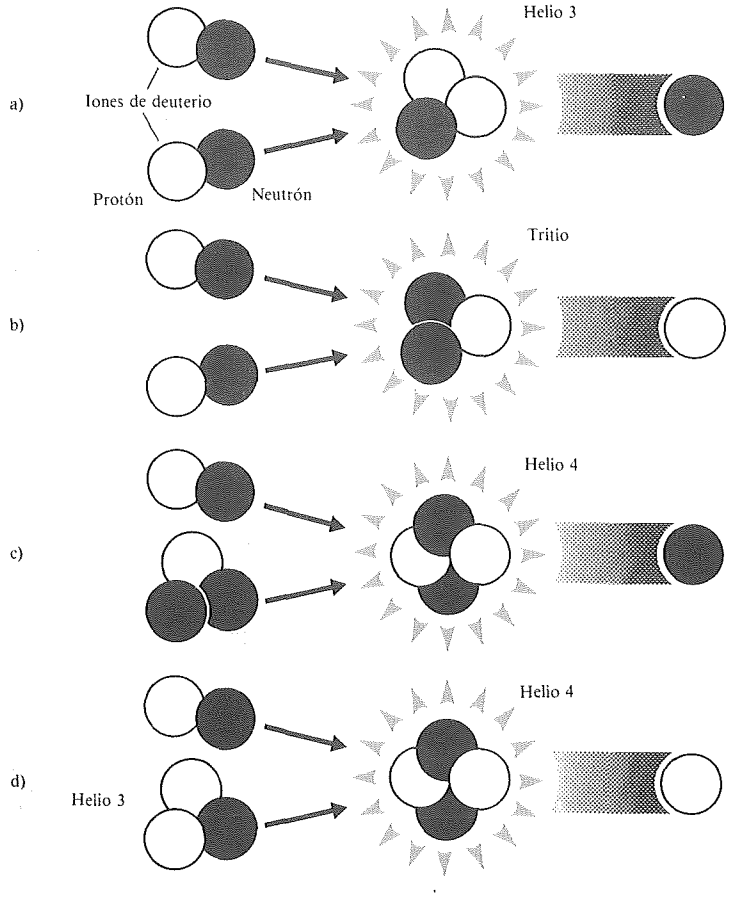
En un artículo reciente publicado en esta revista (véase "Superconductividad", en *Ciencia Hoy* nº 1, pág. 27) se afirmaba que "dos campos de la física de nuestro tiempo —la fusión nuclear y la superconductividad a altas temperaturas— presentan problemas que, de ser resueltos, producirían una verdadera revolución tecnológica". Tras varias décadas de esfuerzos, en gran parte infructuosos, y a sólo dos años de producirse importantes adelantos en el tema de la superconductividad, en marzo pasado se tuvo conocimiento de la realización de experimentos que parecían significar pasos trascendentales hacia la fusión nuclear controlada.

La fusión y la fisión son procesos por los que los núcleos atómicos ceden la energía acumulada en su interior. En la fisión, un núcleo pesado (uranio o plutonio) se parte para producir otros cuyas masas sumadas son menores que la masa del núcleo original. El proceso de fusión consiste en la unión de dos núcleos livianos que forman otro cuya masa es inferior a la suma de las masas de aquellos que lo originaron. Las diferencias de masas que aparecen en ambos procesos se transforman en energía de acuerdo con la muy conocida equivalencia deducida por Einstein $E = m.c^2$ (donde E es la energía, m la masa y c la velocidad de la luz en el vacío, 300.000 km/s. En ambos casos, para emplear la energía liberada es necesario autosostener el proceso y controlarlo.

La fisión controlada ha sido utilizada desde los años cincuenta para producir energía eléctrica (y en la Argentina, en las centrales nucleares de Atucha I y Embalse, desde 1974 y 1983, respectivamente). El combustible (material que se fisiona) es en este caso el uranio.

En la fusión, en cambio, el combustible sería el deuterio (D) y/o el tritio (T), sustancias químicamente iguales al hidrógeno común, pero más pesadas (isótopos). Por estar presente en el agua de los océanos, la reserva de deuterio es considerada prácticamente inagotable. Las eventuales "centrales de fusión" estarían además libres de los problemas derivados de los desechos radiactivos. Es comprensible entonces que desde que se avizoró la posibilidad de controlar la fusión se hayan dedicado ingentes esfuerzos a ese fin.

En la figura 1 se muestran las reacciones que *se consideran* más aptas para autosostener la fusión. Como vemos, se trata de combinaciones de deuterio y tritio. Por tratarse de núcleos con carga eléctrica de igual signo (positivo) se repelen entre sí y es necesario dotarlos de suficiente velocidad para que puedan remontar la barrera eléctrica ("coulombiana") que les impide acercarse. En esta situación actúan fuerzas nucleares que, a corta distancia, son mucho mayores que las electromagnéticas.



Dibujos: Francisco Revelli

Fig. 1. Reacciones nucleares que podrían ser utilizadas en un eventual reactor de fusión.

En el sol y las estrellas, donde la fusión del hidrógeno es responsable del calor y la luz emitidos, la agitación térmica producida por las grandes temperaturas imperantes brinda la velocidad necesaria para superar la barrera coulombiana.

En el interior del sol la temperatura es de unos 10^7 °C. En esas condiciones, la energía disponible para producir fusión es relativamente baja. Sin embargo, pese a que las reacciones individuales suceden a un ritmo lento, el gran tamaño del sol permite que la energía total liberada en procesos de fusión sea también grande: un reactor eficiente en la tierra requeriría por lo menos temperaturas de un orden superior (unos 10^8 °C).

Se entiende entonces por qué tratar de obtener en un laboratorio esta fusión termonuclear llevó a utilizar durante los pasados 30 años aparatos cada vez más poderosos, sin haberse logrado hasta el presente éxitos significativos.

Se han intentado otros métodos para lograr la fusión, tales como los llamados de "confinamiento inercial" y de "catálisis con muones". En el primero se irradian esferitas que contienen deuterio con láseres de alta potencia. En el segundo se reemplaza un electrón de los átomos de deuterio o tritio por un muón, partícula unas 200 veces más pesada que el electrón. El muón gira alrededor de los núcleos en órbitas que están

200 veces más cerca que en el caso del electrón y une mucho más estrechamente los núcleos, formándose así especies diatómicas con átomos inusualmente próximos. Ello permite que se supere la repulsión eléctrica y, consecuentemente, que los núcleos se fusionen.

Pese a los grandes esfuerzos realizados (se llevan invertidos en el mundo más de 20.000 millones de dólares en el tema) todavía no se ha llegado en el laboratorio a una situación en la cual se produzca más energía que la que se consume. Si bien necesario, el logro de esta condición no es suficiente para la aplicación del proceso a escala industrial, pues previamente deben resolverse complejos problemas vinculados con el tamaño de las instalaciones, los materiales de las paredes, etc.

En marzo pasado, los químicos M. Fleischmann de la Universidad de Southampton (Inglaterra) y S. Pons de la Universidad de Utah (EE.UU.) anunciaron el descubrimiento de un nuevo camino, mediante un experimento electroquímico, para producir fusión nuclear a temperatura ambiente (fusión fría). Según ellos, habría reacciones de este tipo entre núcleos de deuterio situados en el interior de paladio (Pd), un metal semiprecioso conocido por su capacidad para absorber átomos de hidrógeno y deuterio.

Casi simultáneamente, S. Jones y sus colaboradores de la Universidad de Brigham Young en Utah (EE.UU.) y J. Rafelski de la Universidad de Arizona (EE.UU.) anunciaron que también habían logrado la fusión fría utilizando un proceso de electrólisis a temperatura ambiente.

Posteriormente, un grupo de científicos del Centro de Investigación Termodinámica de la Universidad A&M de Texas (EE.UU.) que incluía a su director K. Marsh, anunció que había obtenido efectos térmicos de magnitud no explicable en base a lo que se conoce actualmente de electroquímica, utilizando técnicas similares a la descrita por Fleischmann y Pons.

Fleischmann y Pons construyeron un aparato similar al que se emplea en las escuelas secundarias para ilustrar la disociación del agua común en sus dos componentes, hidrógeno y oxígeno. El objetivo del procedimiento de electrólisis usado por estos autores era el de bombear átomos de deuterio hacia el interior del paladio (figura 2).

Cabe mencionar que una de las reacciones electroquímicas más estudiadas hasta el presente es aquélla en la que se analiza la

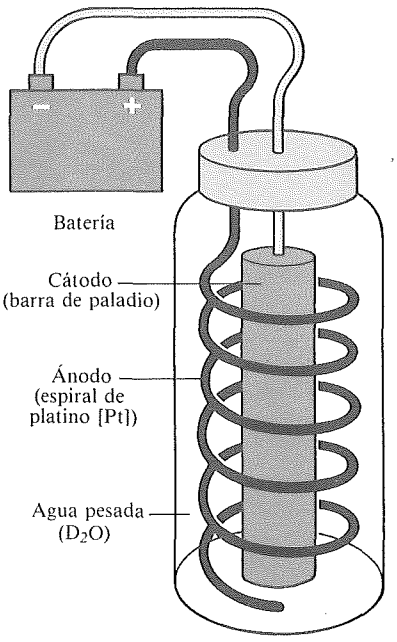


Fig. 2. Esquema del aparato utilizado por Fleischmann y Pons. Los iones positivos en el agua pesada se mueven desde el ánodo y son absorbidos en el cátodo, donde se fusionarían con liberación de energía térmica. (Adaptado de *Time*, abril 17, 1989.)

evolución del hidrógeno en electrodos de platino o paladio. Por lo tanto, el sistema utilizado y presentado como posibilidad nueva y revolucionaria para producir fusión nuclear es prácticamente el más estudiado por la electroquímica.

La carga de paladio con hidrógeno o eventualmente con deuterio puede lograrse muy convenientemente a través de una reacción electroquímica mediante la cual se descarga el ion H_3O^+ en medio ácido o H_2O en medio alcalino para generar hidrógeno adsorbido (es decir, retenido en la superficie del metal).

El hidrógeno descargado permanece adsorbido como átomo en la superficie metálica. El paladio es uno de los metales que posee, con especial intensidad, la capacidad para disolver hidrógeno en su red cristalina, en un proceso que involucra el pasaje de átomos de hidrógeno adsorbidos hacia el interior del metal. Hay evidencias que indican que el hidrógeno dentro del paladio está ionizado en forma de protón y que su electrón forma parte de la estructura electrónica del metal. El paladio es capaz de absorber cantidades muy apreciables de hidrógeno o deuterio: primero se forma una fase de su estructura cristalina llamada α - Pd con una relación atómica (átomos de H/átomos de Pd) de 0,01 a temperatura ambiente. Si la presión es suficientemente alta, aparece otra fase en equilibrio, la β - Pd, que tiene una relación atómica de 0,60.

Una propiedad que parece haber inducido a Fleischmann y Pons a considerar la posibilidad de que estuviese ocurriendo en el seno del electrodo de paladio una reacción nuclear es la magnitud elevada del factor que mide el enriquecimiento de hidrógeno respecto del de deuterio en el metal, comparado con el mismo factor en el electrolito.

Sin embargo, la aparente simplicidad del arreglo experimental de estos autores es engañosa. Hay una serie de parámetros del experimento que no fueron debidamente aclarados. Se refieren a pretratamientos del electrodo de trabajo, tiempo de inducción del posible proceso nuclear y pureza del material que compone el electrodo.

La aparición de un fenómeno que no obedece a la electroquímica convencional en el experimento fue determinada por mediciones termodinámicas y nucleares. El primer tipo de evidencia consistió en tratar a la celda como si fuera un calorímetro y comparar el calor generado durante la electrólisis con el que cabe esperar para las reacciones electroquímicas detalladas más arriba y el calentamiento del electrolito debido a la circulación de corriente eléctrica. Los autores concluyeron que, según el valor de la densidad de corriente eléctrica que circula, el efecto térmico obtenido oscila entre dos y diez veces el que cabría esperar. El hecho de que este exceso depende de la geometría del electrodo y en particular de su volumen indujo a pensar que el proceso tiene lugar en el seno del metal; una consecuencia dramática de estos experimentos fue la observación de que los electrodos con baja relación entre la superficie y el volumen de los mismos se fundían. En el trabajo realizado por el grupo de Marsh en Texas, se informó sobre una producción de energía 80% mayor que la que correspondería a los procesos químicos, electroquímicos y de transporte convencionales.

Pero el hecho más significativo del experimento es la observación de neutrones y tritio. La aparición de neutrones y la producción de tritio son una señal inequívoca de un proceso nuclear en el cual las energías involucradas son del orden del MeV (un millón de electrón-volt). Una reacción electroquímica involucra normalmente energías del orden del electrón-volt o menores, pues en este caso las interacciones son electromagnéticas y no cabría esperar que produzcan reacciones nucleares, para las cuales son necesarias energías mucho mayores.

La presencia de neutrones que serían producidos en la reacción (a) de la figura 1 fue determinada de dos maneras: por una parte se utilizó un detector de neutrones y por otro se observaron los rayos gama produci-

dos durante la captura de los neutrones por el hidrógeno del baño de agua. Tanto la intensidad del espectro gama como el contaje de neutrones indicarían flujos del orden de 10^4 neutrones por segundo.

El tritio sería producido por la reacción (b) de la figura 1; su presencia fue determinada en muestras retiradas del electrolito a intervalos iguales por detección de rayos beta (electrones) producidos por el decaimiento del tritio. Estas mediciones indicarían que la reacción de fusión nuclear (b) tiene lugar a razón de 10^4 átomos por segundo, lo que es consistente con el flujo de neutrones.

Fleischmann y Pons señalan como el hecho más sorprendente de sus resultados que los datos calorimétricos requerirían que las reacciones de fusión (a) y (b) ocurriesen con un ritmo de 10^{11} - 10^{14} átomos por segundo, mientras que el flujo de neutrones y la producción de tritio son compatibles con el flujo mencionado anteriormente (sólo 10^4 por segundo). La discrepancia los lleva a sugerir que la mayor parte de la energía observada se debe a "un proceso o procesos nucleares hasta ahora desconocidos". Esta última afirmación es quizá una de las que ha provocado mayor incertidumbre con respecto a los resultados anunciados.

El proceso electroquímico descrito parece ser simplemente un método cómodo para cargar al paladio, pero ello también puede lograrse directamente exponiéndolo a un ambiente del gas hidrógeno o del gas deuterio a cierta presión. Este segundo procedimiento, pero utilizando un metal distinto y más barato, el titanio (Ti), ha sido seguido en Italia para lograr efectos que podrían atribuirse a la fusión nuclear de deuterio.

Cerca de Roma, en el Centro de Investigaciones Frascati del Ente Nacional de Energías Atómicas y Alternativas, F. Scaramuzzi y sus colaboradores colocaron limaduras de titanio en un recipiente que luego llenaron con deuterio en forma gaseosa a muy alta presión (50 atmósferas). Después sometieron el recipiente a ciclos de enfriamiento y calentamiento a presión constante. Observaron entonces la emisión de neutrones, una de las características de un proceso nuclear, del orden de 300 neutrones por segundo y en correlación con los ciclos térmicos. En una experiencia posterior midieron un pico de 5000 neutrones por segundo. Estos resultados sugerirían que para la emisión de neutrones es necesario que el sistema se encuentre en condiciones de no equilibrio, lo cual provocaría que el deuterio migre hacia adentro o hacia afuera del metal.

Durante las primeras semanas que siguieron al notable anuncio de Fleischmann y Pons se generó bastante confusión a propósito de la información original. El grupo de Texas se ha retractado sobre la significación del excesivo efecto térmico observado y son muchos los laboratorios que, al intentar repetir los experimentos, no registraron efecto alguno. Otros grupos encuentran señales nucleares (neutrones y/o rayos gama) que son apenas superiores a la radiación normalmente presente en el medio ambiente, de modo que no hay aún resultados concluyentes (véase "Fusión fría en la Comisión Nacional de Energía Atómica" y "Fusión fría en la Universidad de La Plata").

La sencillez aparente de los experimentos, que llevarían al posible diseño de reactores nucleares de tamaño reducido, podría hacer recordar las afirmaciones de R. Richter, quien en 1951 anunció que en la Isla Huemul había logrado controlar la fusión nuclear. Aquella experiencia pretendía ser un proceso termonuclear, completamente diferente del que se habría logrado recientemente.

La comunidad científica en todo el mundo espera y busca confirmaciones de los resultados anunciados (véase "Los científicos discuten en Baltimore"). Por su parte, la prensa le ha dado al tema una difusión importante por sus posibles implicancias en cuanto a la provisión de energía barata, limpia y con reservas inagotables (agua de mar). La sencillez del método parecería, por tanto, accesible a países de distinto grado de desarrollo científico y tecnológico y de dispares medios económicos. Pero tal vez una de las consecuencias más importantes producida por las recientes investigaciones sea el interés despertado en científicos de las más diversas especialidades, que se han lanzado no sólo a repetir y/o perfeccionar los experimentos descritos, sino también a buscar explicaciones de los resultados. Se han constituido así grupos multidisciplinarios, se producen acaloradas y fructíferas discusiones y todos sienten que inesperadamente se ha abierto un campo de investigación apasionante.

Roberto J. Fernández Prini
Departamento Química de Reactores
Comisión Nacional de Energía Atómica.

Ernesto E. Maqueda
Departamento de Física
Comisión Nacional de Energía Atómica

Fusión fría en la Comisión Nacional de Energía Atómica

En la Comisión Nacional de Energía Atómica se formaron diversos grupos con la finalidad de repetir los experimentos de fusión nuclear a temperatura ambiente. Los trabajos tuvieron distintos enfoques según la experiencia previa y los medios materiales de cada grupo. Un comité coordinador concentró la información de los avances producidos.

En general, los experimentos tienen dos aspectos bien diferenciados: por una parte, el electroquímico (tratamiento de la superficie del electrodo, intensidades de corrientes utilizadas, preparación de la solución, medición de potenciales, etc.), y por otra la medición de alguna magnitud que ponga de manifiesto la presencia del fenómeno de fusión (detección de neutrones, de rayos gama, de tritio en el electrolito o simplemente una medición calorimétrica que mostrase una enorme generación de calor no explicable por otros procesos excepto la fusión). Cada método tiene sus ventajas y desventajas. En el caso de la detección de neutrones o de la radiación gama, el sistema de medición debe ser capaz de distinguir las intensidades provenientes de la fusión propiamente dicha de las que constituyen el "fondo" natural debido a la radiación cósmica, paredes de edificios, etc.

A continuación, se expone una breve reseña de los resultados obtenidos por los distintos grupos de trabajo.

• En el Centro Atómico Bariloche, el grupo de profesionales que llevó adelante las experiencias puso especial énfasis en la detección de neutrones con la máxima eficiencia posible. Para ello se encerró una cuba electrolítica con agua pesada (D_2O) dentro de un bloque de parafina para que actuara como moderador (frenador) de neutrones. Se optimizaron las dimensiones del bloque y la posición de los detectores dentro del mismo, y se logró así una eficiencia absoluta de detección del 22%, valor que se compara favorablemente con los mejores utilizados en laboratorios de primer nivel internacional.

Luego de varios ensayos con corrientes bajas durante prolongados períodos de tiempo (de los que no se pudo inferir ninguna conclusión debido a las fluctuaciones del fondo) se sometió a la cuba a un estímulo periódico que consistió en aplicar una corriente de 800 mA durante 90 segundos para luego interrumpirla durante 64 segundos. De esta manera se obtuvo una curva característica que presenta dos picos. Estos indican incrementos en la de-

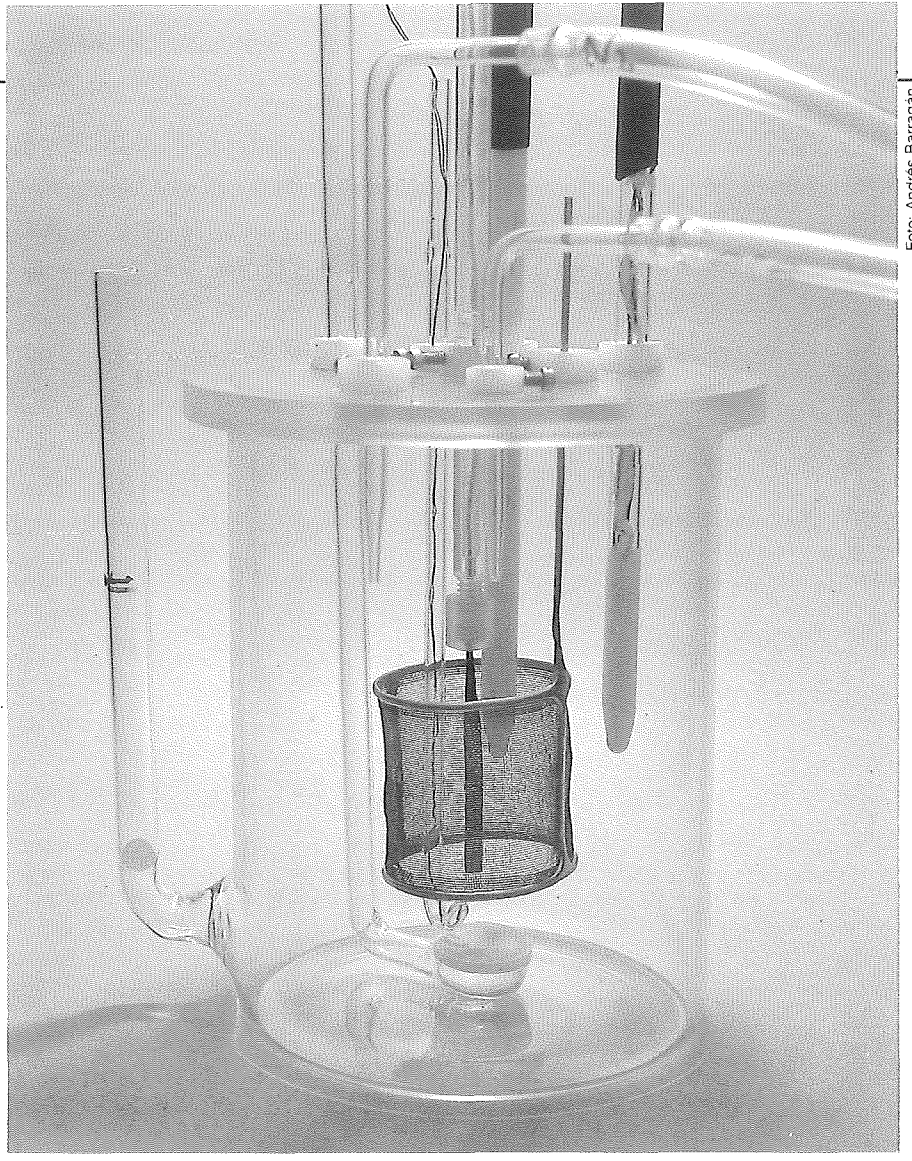


Foto: Andrés Barragán

Celda electrolítica empleada para las experiencias sobre fusión fría en el laboratorio TANDAR.

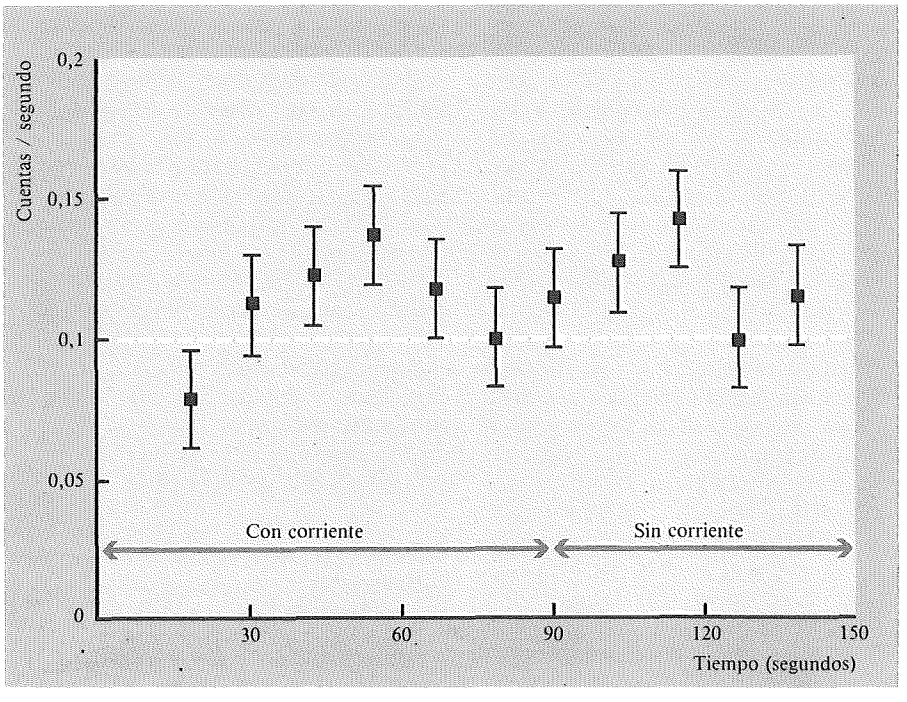


Fig. A. Espectro del número de neutrones como función del tiempo. La línea horizontal señala el nivel promedio del fondo. El pulsado de la corriente está indicado en la parte inferior de la figura. Las barras verticales indican el error de cada punto medido.

tección de neutrones que parecen responder, respectivamente, al aumento de la corriente y a la supresión de la misma (véase figura A). Los resultados se pueden repetir previa carga del cátodo a baja corriente (150 mA). En caso de una carga previa mayor, por ejemplo a 250 mA, se observa sólo el pico correspondiente a la corriente suprimida. Si se repiten estas experiencias con una cuba similar, pero con agua liviana (H_2O), no se obtienen patrones repetibles. Los resultados experimentales con D_2O sugieren que la mayor actividad neutrónica ocurre durante la carga y descarga del deuterio de la placa y que los fenómenos de fusión estarían asociados al movimiento del deuterio dentro del cátodo. Esta técnica es probablemente adecuada para obtener resultados confiables, pese a que los neutrones detectados no exceden del fondo en más del 15%. El ritmo de producción de neutrones sería unas 10.000 veces menor que el señalado por Fleischmann y Pons, y está en el orden de lo medido por Jones y Rafelski.

• El grupo que llevó a cabo los experimentos en el Laboratorio TANDAR estuvo formado por personal del mismo y del Departamento de Química Analítica. La cuba electrolítica se hallaba rodeada por un baño de agua que mantenía constante la temperatura y todo el conjunto fue rodeado con parafina. Se emplearon además dos detectores de fluoruro de boro para los neutrones y un detector de germanio hiperpuro para los rayos gama. La eficiencia absoluta es de aproximadamente 0,01% para cada sistema. La ventaja de utilizar un detector de germanio es que permite separar el rayo gama de 2.223 MeV que se emite cuando un neutrón se combina con un protón del medio circundante para formar un deuterio. En cambio, en un detector gama de yoduro de sodio (como el usado por Fleischmann y Pons) este pico aparece mezclado con otros provenientes de la radiación de fondo (véase figura B).

La medición comenzó 26 horas antes del inicio de la electrólisis y se extendió hasta unas 50 horas después de su finalización. En total se prolongó durante 130 horas, lapso en el cual se aumentó por etapas la intensidad de la corriente. También se realizaron mediciones luego de reemplazar la cuba con deuterio por otra similar con hidrógeno. En algunos espectros de neutrones y de rayos gama se observó un ligero aumento de contaje por sobre el fondo, pero con un error estadístico tal que lo hace

compatible con una fluctuación del fondo. Por lo tanto, puede afirmarse que, de haber existido fusión fría en las condiciones del presente experimento, ésta debió ser por lo menos 1.000 veces más débil que la señalada por Fleischmann y Pons.

En el mismo laboratorio se trató de reproducir la experiencia realizada en Frascati, Italia. Se calentó viruta de titanio en vacío a 800° C y luego se llenó el recipiente con gas deuterio a tres atmósferas de presión. Se mantuvo constante la temperatura durante tres horas y luego se la hizo descender lentamente. Por diferencia de peso se determinó que había en el electrodo dos átomos de deuterio por cada átomo de titanio. Esta muestra se colocó en un recipiente cerrado con atmósfera de deuterio, y se lo enfrió dentro de un termo que contenía nitrógeno líquido. Los resultados obtenidos al intentar detectar neutrones provenientes de la posible fu-

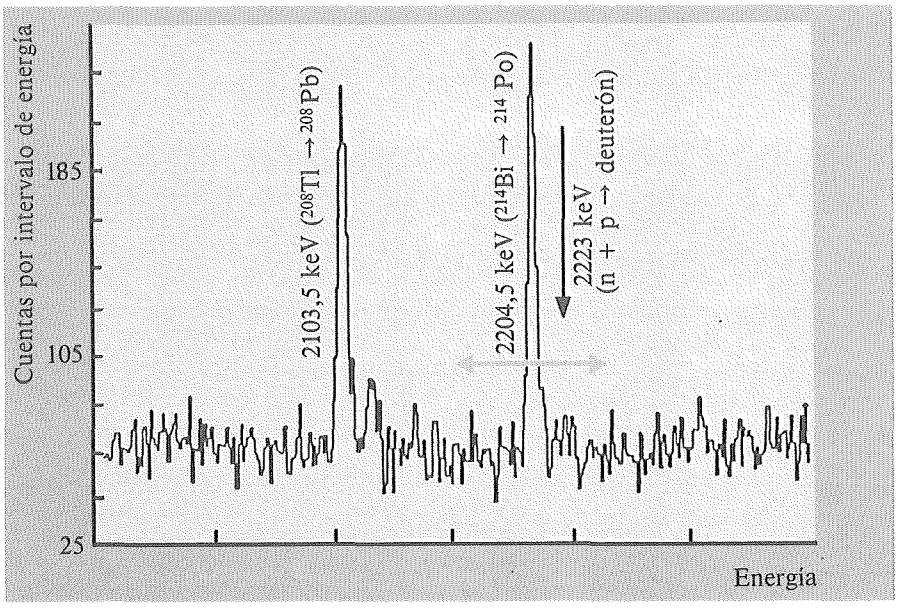


Fig. B. Espectro de la radiación gama obtenido con el detector de germanio. La barra horizontal indica la resolución que tendría un detector de yoduro de sodio, como el usado por Fleischmann y Pons, mostrando que no podría distinguirse el pico de captura de 2223 keV del de 2204,5 keV que proviene del fondo.

Fusión fría en la Universidad de La Plata

El anuncio de logros en materia de fusión nuclear fría realizado por investigadores extranjeros motivó el interés de científicos del Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA), de la Universidad Nacional de La Plata, por llevar a cabo una serie de experiencias preliminares.

Se utilizó como electrolito una solución de sulfato de deuterio (D_2SO_4) en agua pesada de una pureza del 99,75%, disponible inmediatamente en el laboratorio, en lugar de la solución alcalina de hidróxido de litio deuterado (LiOD) empleada por Fleischmann y Pons. Este cambio no debería influir en el efecto buscado.

El primer paso de la experiencia fue la carga del electrodo de paladio con deuterio, para lo cual se emplearon dos metodologías diferentes. La primera consistió en una electrólisis a potencial constante durante aproximadamente 48 horas. En la segunda se aplicaron ondas de potencial periódicas cuadradas con frecuencias variables entre 1 y 10 kHz y una amplitud comprendida entre +0,098 V y −0,200 V, si bien este límite inferior fue luego desplazado hasta −2,5 V. La inyección de deuterio en la red metálica del paladio conduce a un aumento de la temperatura del sistema cuando aumentan la frecuencia y el potencial negativo. El mismo tipo de experimento fue realizado en presencia de hidrógeno, esto es, en una solución de ácido sulfúrico (H_2SO_4) en agua; se observó un calentamiento muy similar, de lo que se deduce que tal efecto se debe principalmente a la intensa corriente circulante (efecto Joule). Por otra parte, para una amplitud de potencial dada, un incremento en la frecuencia de dicho potencial conduce a un mayor desprendimiento de deuterio en el cátodo. Pero no se puede apreciar un cambio de la velocidad de penetración de los átomos de deuterio en la red metálica. En estas condiciones, no hay seguridad de que se haya alcanzado la formación de la fase β − paladio.

A continuación de las experiencias preliminares mencionadas, se operó durante 12 días con una corriente de unos 100 a 300 μA/cm^2 y simultáneamente se realizaron medidas radiométricas. En estas condiciones se evitó un calentamiento significativo del electrodo y su entorno, y se alcanzó la formación de la fase β − paladio. El potencial de electrodo a circuito abierto de la fase β − paladio es de aproximadamente 0 V y dura varios segundos. Con el correr del tiempo, el ánodo de paladio se fue disolviendo y el metal disuelto se fue depositando simultáneamente con hidrógeno sobre el cátodo, que adquirió un aspecto esponjoso. Esto permitió realizar medidas radiométricas y electroquímicas sobre un mismo electrodo con distinta estructura superficial y rugosidades.

Con respecto a las medidas radiométricas, se utilizó un equipo convencional para detectar rayos gama, con un detector de INa(Ti). Estas determinaciones comenzaron cuando el electrodo fue puesto a potencial constante. Se tenía como referencia un espectro de fondo gama calibrado en el rango de energías de 40 a 4300 keV. Las líneas más intensas observadas corresponden una al ^{40}K (potasio), otra al ^{208}Pb (plomo) y una tercera de aproximadamente 3450 keV no identificada. A partir de este momento se tomaron espectros gama que duraron diferentes tiempos. Todos ellos muestran únicamente las líneas mencionadas anteriormente. En consecuencia, en este experimento no hay datos de radiación gama que confirmen la existencia del fenómeno de fusión en frío.

Alberto López García
Departamento de Física
Universidad Nacional de La Plata

Agustín E. Bolzán
Alejandro J. Arvía
Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas
Universidad Nacional de La Plata

sión del deuterio no lograron confirmar el fenómeno.

• En el Centro Atómico Constituyentes, miembros del Departamento de Materiales, del Departamento de Física Experimental de Reactores y de la División Fusión Nuclear (estos últimos con experiencia en fusión "caliente") obtuvieron una eficiencia para la detección de neutrones del 1%. Periódicamente se tomaron muestras de 1 ml de electrolito para determinar el contenido de tritio mediante centelleo en un medio líquido. En cada caso, una vez realizada la medición, la muestra fue repuesta en la celda.

La intensidad de la corriente se fijó a un nivel bajo, a fin de no crear defectos en el material, hasta obtener un electrodo de paladio saturado en fase β - Pd, y luego se duplicó la corriente consecutivamente por períodos de 110 y 145 horas respectivamente. A las 185 horas se retiró la cuba del sistema de detección sin cortar la corriente y se la reemplazó por otra similar con hidrógeno en lugar de deuterio a fin de controlar la radiación de fondo. Si bien durante las primeras 185 horas mencionadas se observó un aumento en el contaje de neutrones por sobre el fondo, este aumento persistió en presencia de la cuba que contenía hidrógeno, lo que no permitió obtener conclusiones positivas sobre la existencia de la fusión.

• En el Departamento Química de Reactores se utilizaron dos celdas electrolíticas similares, con electrolitos que contenían deuterio e hidrógeno, respectivamente. Esta última sirvió como testigo para las medidas calorimétricas que se realizaron a continuación. Si bien los resultados muestran una generación de calor en la celda que contenía deuterio, el fenómeno podría ser atribuido a la diferencia en el comportamiento electrolítico del deuterio con respecto al hidrógeno, lo que hace que los resultados obtenidos tampoco sean concluyentes.

Armando M. J. Ferrero
Departamento de Física
Comisión Nacional de Energía Atómica

Los científicos discuten en Baltimore

La reunión general de la American Physical Society (APS) se llevó a cabo entre el 1° y el 4 de mayo en la ciudad de Baltimore, Estados Unidos. Como respuesta a la gran expectativa y entusiasmo generado en el ambiente científico mundial por el anuncio de Fleischmann y Pons, e independientemente por Jones, se organizaron dos sesiones especiales destinadas a la presentación de trabajos experimentales y teóricos sobre fusión fría. Los resultados obtenidos en el Centro Atómico Bariloche y en el laboratorio TANDAR fueron expuestos por R. Granada y el autor del presente informe, respectivamente.

En la reunión, que no contó con la presencia de Fleischmann y Pons, se expusieron aproximadamente 40 trabajos. En uno de ellos, Jones mostró un resumen de los datos experimentales obtenidos por su grupo. Este trabajo fue bien recibido por los participantes de la reunión, quienes sin embargo mostraron cierto reparo frente a la escasa significación estadística de dichos datos. En lo que se refiere a la discrepancia sobre cuánta potencia se produce en los experimentos de Fleischmann y Pons (10^{12} W) y en el suyo (4 W), Jones señaló que esta diferencia es equivalente a la que existe entre la deuda interna de los Estados Unidos, 2×10^{12} dólares y un dólar.

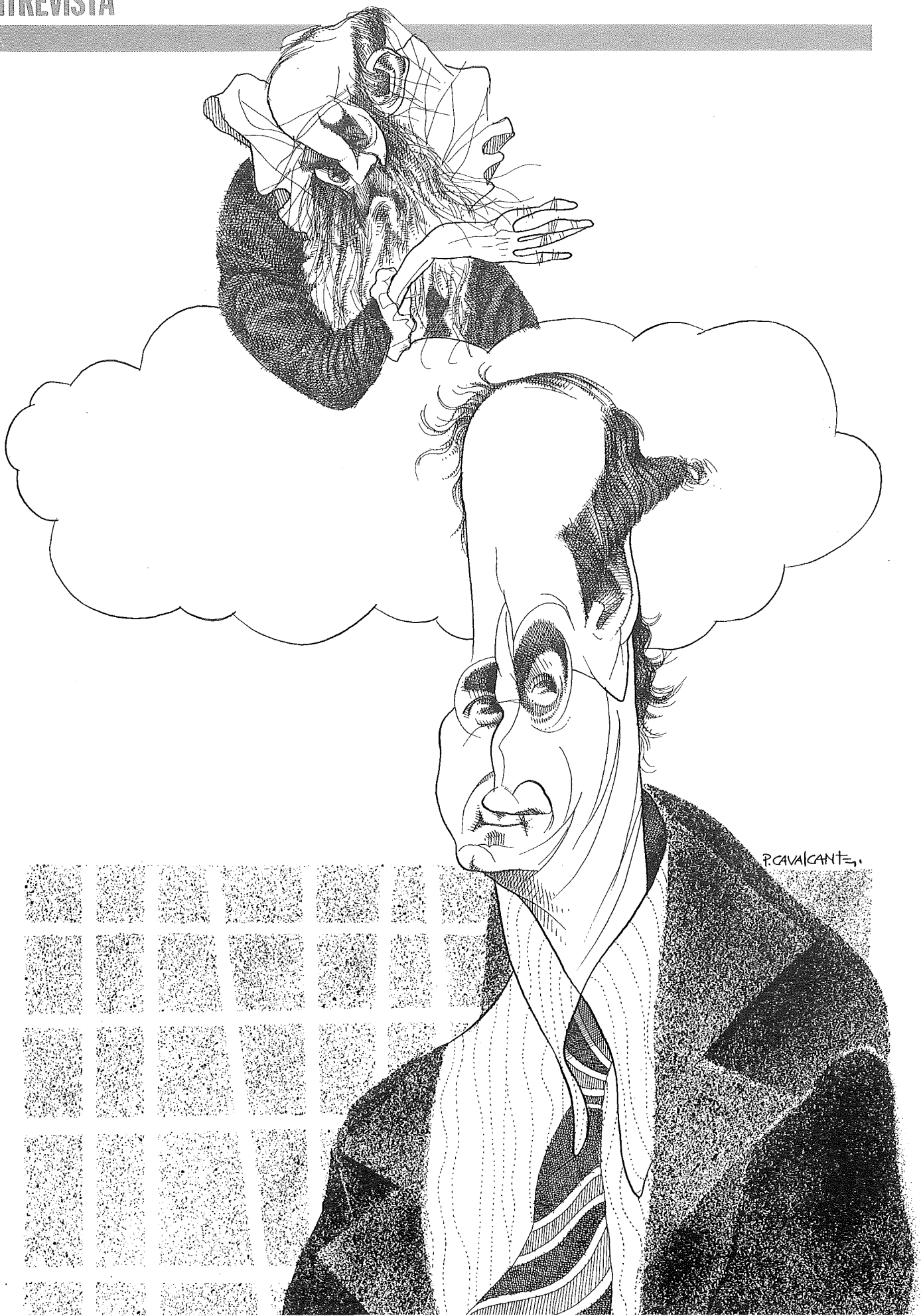
Durante la reunión se presentaron resultados obtenidos en varios laboratorios; cabe citar, entre los más importantes: Caltech, Lawrence Berkeley Laboratory, Oak Ridge, Massachusetts Institute of Technology y Brookhaven-Yale. En líneas generales, todos los trabajos que intentaron reproducir los experimentos de Fleischmann y Pons dieron resultados negativos. Es importante mencionar que se discutieron posibles fuentes de error en los datos originales. Las mediciones calorimétricas deben realizarse con extremo cuidado debido a la presencia de importantes diferencias de temperatura presentes en la cuba electrolitica. En el caso de que la solución no fuera convenientemente agitada, es posible cometer errores en la determinación del balance energético, de acuerdo a la posición donde se encuentren los termómetros. Si estos efectos son tenidos en cuenta, el exceso de energía observado podría estar en el rango esperado por procesos químicos y, en algunos casos, corresponder a un déficit de energía.

El espectro de rayos gama también debe ser analizado con extrema precaución debido a la presencia de líneas de fondo muy cercanas en energía a la del rayo gama proveniente de la captura del neutrón por hidrógeno (2.223 MeV). Los instrumentos de detección de radiaciones nucleares utilizados por muchos laboratorios que se ocuparon del tema son más sensibles que los del grupo de Fleischmann y Pons, y permiten establecer un límite superior a la producción de neutrones por lo menos unas 10 000 veces menor que el mencionado por dichos autores.

Podemos concluir que los resultados de Fleischmann y Pons pueden ser descartados, a menos que dicho grupo brinde más detalles de sus experimentos y se puedan así explicar sus observaciones. Mientras esto no ocurra, sólo los resultados de Jones y sus colaboradores, y los efectos dinámicos observados por el grupo de Bariloche y el grupo de Frascati, podrían ser aceptados como evidencia de la fusión fría. Dado que estos experimentos corresponden aproximadamente a media fusión por segundo, es difícil pensar en una aplicación práctica desde el punto de vista energético. Por otra parte, de confirmarse dichos resultados, se abriría un campo muy interesante dentro de la física básica. En la reunión fueron discutidas diversas propuestas teóricas sobre mecanismos que podrían explicar los efectos observados. Se habla de masas efectivas de los electrones, de apantallamientos efectivos y de fluctuaciones que permitirían incrementar sustancialmente la probabilidad de fusión. Sin embargo, aún no se sabe de qué manera podrían tener lugar estos mecanismos.

Queda como balance que, aun habiéndose obtenido resultados negativos, estos experimentos han servido como catalizadores de una colaboración más activa entre grupos de diferentes especialidades.

A. Osvaldo Macchiavelli
Departamento de Física
Comisión Nacional de Energía Atómica


P.CAVALCANTE

Pierre Thuillier

El contexto cultural de la ciencia

Formado en letras clásicas y en filosofía, Pierre Thuillier ejerce una intensa actividad docente y editorial. Es editor de *La Recherche*, revista francesa de divulgación científica, y enseña epistemología e historia de la ciencia en la Universidad de París VII. Ha escrito una decena de libros, entre los cuales se destacan *Le petit savant illustré* (1980), *Les biologistes vont-ils prendre le pouvoir?* (1981), *L'aventure industrielle et ses mythes* (1982), *Les savoirs ventriloques* (1983) y *D'Archimède à Einstein* (1988).

Thuillier estuvo recientemente en Río de Janeiro, participando de un seminario conmemorativo de los 350 años de la publicación de los *Diálogos acerca de dos nuevas ciencias*, de Galileo Galilei, que contó además con la intervención de especialistas tales como Stillman Drake y Ludovico Geymonat. Al concluir el seminario, Thuillier concedió a la revista brasileña *Ciência Hoje* la entrevista que se transcribe a continuación. Dotado de un estilo polémico muy característico, Thuillier aborda aquí cuestiones referidas al significado de la obra de Galileo, del nacimiento de la ciencia moderna, de la divulgación científica, de los riesgos de la tecnocracia y de los problemas de naturaleza ética que involucran a la ciencia contemporánea.

Entrevista realizada por Paulo César Abrantes (Departamento de Filosofía, Universidad de Brasilia), Ildeu de Castro Moreira (Instituto de Física, Universidad Federal de Río de Janeiro y editor de Ciência Hoje*) y Alicia Ivanissevich (*Ciência Hoje*).*

¿Cuáles son, a su modo de ver, las conclusiones más importantes del seminario sobre Galileo?

Cada uno tiene sus obsesiones. La mía es la significación. Soy un filósofo, un humanista, y no lo oculto. Pero conozco a los científicos y trabajo diariamente con ellos en *La Recherche*. No me opongo a la ciencia, lo cual sería una tontería. Mi obsesión es cuál es su lugar y su significado en una sociedad moderna, en particular en una tecnocracia como la francesa, donde los que ejercen el poder la invocan constantemente. Desde ese punto de vista, lo que me llamó la atención en el seminario es que reflejó la oposición entre dos concepciones principales de la historia de la ciencia. Yo preguntaría: ¿con qué objeto fue organizado el seminario? ¿Profundizar el conocimiento científico de la historia de Galileo? ¿Reunir especialistas para examinar pequeños problemas técnicos formulados por él? ¿Reunir historiadores especializados? ¿O se trataba, fundamentalmente, de llevar a estudiantes, profesores e investigadores a reflexionar sobre el problema de la ciencia en general, tomando a Galileo como un caso interesante por cuanto él inaugura el comienzo de la ciencia moderna? Mi respuesta depende de la suya: ¿cuál fue, en su opinión, el objetivo del seminario?

Pienso que se trataron de lograr los dos objetivos, porque existe el interés de la institución por el punto de vista científico y también por una reflexión crítica sobre la obra de Galileo.

En principio, estoy de acuerdo en que la historia de la ciencia y la reflexión crítica están estrechamente vinculadas, si concebimos a la primera de un modo amplio. A pesar de ello, creo que la historia en el sentido estricto —la historia técnica, que analiza los problemas técnicos formulados por Galileo— está mucho más difundida. La historia de la ciencia también puede ser manipulada de manera tecnocrática, limitándola a problemas técnicos.

Admito con sinceridad que es necesario saber quién era Galileo en el sentido técnico y epistemológico. ¿Era o no platónico? ¿Cuál fue el papel de la experimentación en su obra? Estos son problemas técnicos, de la epistemología de la historia. Pero hay una manera de considerar exclusivamente esos problemas técnicos que, a mi modo de ver, acaba por hacer desaparecer muchos elementos indispensables para la comprensión de Galileo, ya sea desde el punto de vista histórico o social. Cuando se consideran esas cuestiones, se enfrenta en buena medida el problema epistemológico en sí mismo, no de un modo estrecho, y la epistemología nunca es separable de lo social: la forma en que se analiza a Galileo desde el punto de vista epistemológico e histórico remite a una concepción general de la sociedad y de la ciencia. Los participantes del seminario eran muy competentes, muchos habrán leído todos los textos de Galileo, pero hay una forma de concebir su trabajo que llamaría "aséptica": a cada cosa que se dice se cita un pasaje de Galileo, de modo que ya no se tiene a la persona sino sólo al texto de Galileo. Estos estudiosos son frecuentemente muy sólidos; cada vez que se pronuncia una frase más general sobre Galileo ellos dicen: "Bien, muéstrenos el texto..." ¡y muchas veces es difícil!

Esa trampa está en el propio interior de la historia de la ciencia.

Los "internalistas", los que hacen la historia de la ciencia de manera "pura", acusan a los historiadores, que buscan una visión más amplia, de no ser lo bastante serios. La paradoja es que, en el seminario de Río, se puso el énfasis en una historia muy seria (hasta allí todo bien) pero asentada sobre una filosofía de la ciencia muy estrecha, que no permitía ver los problemas subyacentes, que deben ser evaluados, como el del significado de la filosofía y del método de Galileo.

La tendencia de la tecnocracia es transferir a los "comités de especialistas" problemas que son de todos los ciudadanos: los transportes, la salud, la enseñanza.

¿Y cuál sería ese significado?

Mi tesis, en dos palabras, es que Galileo surgió en un momento en que la sociedad europea había evolucionado. Ya se habían formado allí muchos ingenieros, banqueros, empresarios. Una sociedad que, como lo muestran los historiadores de la historia general, se había vuelto realista, racionalista, en el sentido burgués del término. La historia muestra que a partir del siglo XIII, y sobre todo de los siglos XIV y XV, Europa, que era agrícola, se volvió cada vez más urbana e ingresó en el capitalismo comercial. El poder ya no se restringía a los señores y al clero, surgía una nueva clase de gente que debía ser tenida en cuenta, que quería actuar sobre la naturaleza, que confiaba en el hombre y veía al mundo de una forma nueva.

Hasta los siglos XI o XII, el cristianismo dominaba una Europa agrícola, y el gran objetivo de la vida era la salvación del alma. Esta era una de las razones por las cuales no se hacía mucha ciencia: ¡cuando la meta de la vida es ir al paraíso no hay por qué estudiar mecánica cuántica! A partir de los siglos XII y XIII, con la sociedad de los ingenieros, con el formidable progreso de la técnica en la Edad Media, con el desarrollo de las ciudades, Europa cambió de mentalidad, de modo de producción, de intereses, y vio aparecer nuevos personajes. Los rasgos característicos de la ciencia moderna son los rasgos característicos de la sociedad de la época en que surgió. La ciencia se volvió experimental porque los "prácticos" adquirieron un lugar más importante. Se cita siempre a Leonardo, pero los artistas-ingenieros eran muchos. Apareció entonces toda una serie de "prácticos". A partir del siglo XVI surgieron al lado de las universidades —donde la enseñanza, incluso de la matemática, era teórica, abstracta— las "escuelas de cálculo" para comerciantes, donde se aprendía a medir el volumen de un barril, a usar trigonometría elemental para medir alturas. Hubo libros destinados a comerciantes, que se difundieron rápidamente, bastante antes de Galileo.

A partir de los siglos XIV y XV, surgieron también los banqueros. Los bancos de Italia tenían grandes saldos en países distantes. Este hecho es esencial hasta para comprender la aparición de los números negativos. Lo importante no es saber quién los inventó sino que los banqueros tenían columnas para anotar las pérdidas y las ganancias, hacían cálculos y tenían que computar lo que ocurría en las sucursales extranjeras, adquiriendo así el hábito del cálculo abstracto. En la Edad Media el número no significaba gran cosa. Se decía que en una batalla habían intervenido cien mil hombres, cuando podían haber sido cuarenta mil. Durante el Renacimiento surgió la primera estadística, creo que en el siglo XV: todos los días se contaban cuántos bueyes, vacas y cerdos entraban en la ciudad de Florencia. Es el comienzo del mundo moderno, de las cifras cuantitativas.

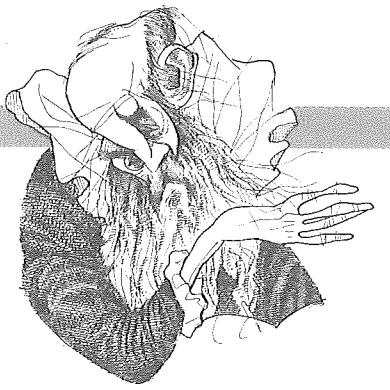
Veo a Galileo como la coronación del desarrollo de una nueva sociedad. Entre el fin de la Edad Media y el comienzo del Renacimiento surgió una sociedad que confiaba en el hombre y en su poder de actuar sobre la naturaleza. Como siempre, se encontraron justificaciones teológicas: se descubrió en la Biblia que Dios siempre había querido que el hombre dominase la naturaleza. Se puso el énfasis en los aspectos racionales de la Biblia. Un pasaje del "Libro de la Sabiduría" dice, por ejemplo, que Dios hizo todo según el número, el peso y la medida. Comenzó a decirse que la naturaleza es matemática, racional. Galileo llegó, por lo tanto, en una época en que se creía que el hombre era capaz de actuar. La ciencia moderna, en lugar de contemplar la naturaleza, intenta ser eficaz. Yo diría (caricaturizando un poco) que la ciencia moderna es la unión del cerebro con las manos, la unión de la teoría con la práctica. Es el fruto de una sociedad donde los "prácticos" tomaron el poder.

¿Galileo habría sido fruto de este momento histórico?

En la Edad Media se despreciaban las artes mecánicas. Los dirigentes de la sociedad occidental —los señores, los sacerdotes— no trabajaban, y aunque realizaran actividades, éstas no eran trabajo en el sentido de trabajo-castigo. Sólo trabajaban las clases bajas. El hombre libre de Grecia o de la Edad Media no trabajaba. Fue el burgués, el empresario, quien rehabilitó el trabajo. El burgués de la Florencia renacentista iba por las mañanas a su empresa, hacía cuentas, trabajaba. Galileo vivía precisamente en una región muy comercial, con muchas industrias, no lejos de Venecia, del famoso Arsenal que es elogiado al comienzo de los *Diálogos acerca de dos nuevas ciencias* y que es un símbolo por muchas razones. Era una empresa que tenía entre 1000 y 1500 operarios, que trabajaban en minas y muchas fábricas textiles provistas de gran cantidad de máquinas. La llegada de Galileo a Venecia tiene una profunda significación histórica: él encarna la necesidad de un nuevo saber.

No se puede decir que se trata de un conocimiento meramente utilitario. No se debe decir, como lo hacen ciertos marxistas —y destaco el término "ciertos"— que la ciencia nació con el solo fin de servir a los empresarios, para dar mayor rendimiento a las fábricas y aumentar el lucro. No se trataba simplemente de ganar dinero. Era también una cuestión cultural. El burgués, que era eficaz, necesitaba un nuevo sistema del mundo, distinto al de la religión. Él sólo creía en la prueba de la eficacia y ya no podía satisfacerse con milagros. Cuando se piensa de una manera nueva surge la necesidad de una nueva concepción del mundo. Esa racionalidad la vemos en Galileo y en su afición por el experimento y por la aplicación de la matemática.

Para hacer una ciencia del movimiento es preciso que ya se haya comenzado a medir el espacio y el tiempo. A nosotros esto nos parece simple, pero para que esa ciencia se haya hecho socialmente posible, fue necesario un trabajo práctico de dos o tres siglos en que los ingenieros y los comerciantes, con balanzas... ¡Se habla siempre de la balanza de Galileo, pero la balanza fue antes



que nada un instrumento del comercio! Nicolás de Cusa, un teólogo, un místico del siglo XV, hace un elogio de la balanza y afirma que Dios es un banquero. En la Edad Media nadie hubiera podido emplear esa imagen. Pero Nicolás de Cusa hace un elogio de la medida y dice: "Dios lo mide todo...".

Galileo sólo pudo hacer su ciencia valiéndose de un nuevo concepto de tiempo y de espacio, de una nueva concepción de la racionalidad de la naturaleza, de una confianza basada en la experimentación. Vivía en una sociedad que había elaborado una noción de tiempo mecánico, con el reloj, y que poseía una nueva concepción del espacio a la cual habían contribuido en buena medida los pintores renacentistas, con sus estudios sobre perspectiva. La genialidad de Galileo no radicó en ser único, en ser una excepción, sino en haber expresado una época. No porque ello estuviese determinado: él fue lo que fue porque supo utilizar todos los elementos de la época para reafirmar esa concepción de un mundo nuevo, para hacer una ciencia eficaz, racional, matemática, mecanicista.

¿Cómo definiría usted una ciencia mecanicista?

Mientras que la ciencia antigua era biologicista, la ciencia moderna es mecanicista: supone que la naturaleza es como una máquina. Y máquina, por definición, es lo que se puede comprender. Ella es racional y, si uno es inteligente, puede descubrir su mecanismo. Este fue un postulado formidable, un desafío. Decir "la naturaleza es como una máquina y voy a desarmarla con mi destornillador" ya es filosofía. Pero para llegar a eso fueron necesarios siglos de trabajo de ingenieros y de "prácticos". Yo diría que hubo muchos otros "Galileos", casi tan grandes como él, tanto antes como después. Por lo tanto, si vemos solamente a Galileo —aun con la mayor seriedad— dejando de lado a la sociedad, a los otros, si consideramos sólo sus textos, donde leemos lo que él pensó sobre los fenómenos... ¡perdemos mucho! Los historiadores que trabajan así son profesionales, pero cuando vengo a Río de Janeiro, a una escuela de ingeniería, y veo que sólo se discuten esos problemas, me pregunto: ¿será que no hay interés en ensanchar la visión?

La concepción de la historia que tiene un historiador supone una previa concepción de la ciencia. ¿Cuál es su concepción filosófica con relación a la ciencia?

Comencemos por mi concepto de la historia de la ciencia. Si yo pretendiera hacer la historia política del Brasil sobre la base tan sólo de los textos oficiales —la Constitución, las leyes y nada más— ustedes ciertamente protestarían, alegando que esos textos sólo tienen sentido si vemos cómo fueron escritos, si fueron aplicados o no, y así sucesivamente. También en nuestro caso la historia supone una concepción de la ciencia. Si tenemos una concepción técnica, diremos que la ciencia son los libros, los artículos científicos. Creo, sin embargo, que la ciencia no es una mera secuencia de textos: designa ante todo una actividad. Si todos los científicos —físicos, biólogos, químicos— muriesen y sólo quedasen sus libros, la ciencia habría muerto. Si los biólogos moleculares desapareciesen, aunque no sus artículos, quien los leyese no podría hacer biología molecular, porque no tendría la práctica de laboratorio. Los laboratorios son como la cocina, es preciso tener "mano", tener una buena práctica. La historia de la ciencia es una historia global de la actividad científica, no sólo de lo que está en los libros. La ciencia es una actividad que compromete a los hombres. Existe el financiamiento de los laboratorios, de las universidades, hay una historia política detrás... Todo eso interesa a la historia de la ciencia. La visión técnica de la historia de la ciencia resulta de un abordaje idealista, intelectualista, exclusivamente interesado en sus resultados.

Pero hasta cierto punto hay una comprensión de la historia de la ciencia que no exige un conocimiento de las relaciones sociales...

Dije expresamente que estaba de acuerdo con ello al hablar de los historiadores profesionales muy serios. No estoy en contra de una historia "internalista", pero la considero insuficiente. Un historiador "internalista", al encontrar en un texto referencias a Platón, busca en su biblioteca el estante "Platón". Esto es insuficiente, porque el significado puede ser el hecho de que Galileo, aun sin ser platónico, aludía a Platón para justificar su elección ante distintas alternativas. Podría ser una utilización no filosófica o científica, sino ideológica, de propaganda. Otro ejemplo: ¿por qué Galileo comenzó su mayor libro de ciencia con un elogio del Arsenal de Venecia? El historiador "internalista" no se ocupa de ello. Tiende a "purificar" la obra, conservando sólo lo que es "científico". Tiende a hacer de la ciencia una religión, busca la purificación del saber científico. En un pasaje sobre Miguel Angel, Galileo dice, en síntesis, lo siguiente: "Yo, como científico, interpreto la naturaleza, en cierto modo, como un pintor". Como el pintor, el científico es alguien que busca y elige ciertos rasgos de la naturaleza para organizarlos de modo coherente. Los "internalistas" tienden a ignorar este género de producto cultural. Pero afirmo que no es posible, incluso en los *Diálogos*, extraer lo que es ciencia "pura" y dejar el resto.

¿Cuáles son sus ideas sobre las relaciones entre ciencia y técnica?

Entre los antiguos el saber residía básicamente en las bibliotecas. Con la ciencia moderna y experimental, la ligazón con la práctica se tornó completa y hay muchos sectores en los que la interacción entre ciencia y técnica es muy profunda. Frecuentemente, no está en la ciencia el origen de la técnica, sino todo lo contrario. Hay estudios que muestran que Inglaterra fue tan fructífera en ciencias en el siglo XIX precisamente porque en el plano social había una intensa comunicación entre ambas. Era una época en que los contramaestres discutían con los equivalentes a nuestros actuales "premios Nobel". La interacción entre la ciencia y la técnica no era abstracta,sino que ocurría al nivel de los individuos, de la investigación.

Es preciso percibir que, frecuentemente, el problema de la relación entre ciencia y técnica es falseado porque —en todas las sociedades más o menos industrializadas— insistimos en colocar a la ciencia por encima de todo. Como diría Augusto Comte, la ciencia pasa a ser el poder espiritual... En una sociedad moderna, laica e industrial, la ciencia se convierte en una instancia espiritual

de personas que detentan el saber. Esto hace que se considere a la técnica una mera aplicación de la ciencia, como alguien reafirmó en una de las mesas del seminario. Bueno, esto es incorrecto. La máquina de vapor, por ejemplo, no resultó de la aplicación de una teoría.

Al desvalorizar a la técnica frente a la ciencia, no consideramos, por ejemplo, a los ingenieros como científicos, y ellos mismos tienen al respecto un sentimiento de inferioridad. Detrás de esto hay una ideología, en un sentido muy preciso: en la sociedad moderna, la ciencia es valorada como una instancia absoluta, exactamente como Dios es visto por la Iglesia. Así como los sacerdotes que quemaban herejes durante la Inquisición decían "no soy yo, es Dios quien lo quiere", así nuestros tecnócratas, al tomar decisiones, dicen que no son ellos los responsables, sino la ciencia.

El mayor problema no es la relación entre ciencia y técnica, sino la jerarquización que hace de la primera una instancia suprema. Y ella desempeña un papel no sólo en la producción, sino también en la enseñanza, en la cultura y hasta en la ética. La eficacia de la ciencia (el hecho de que la heladera hiele, que el avión vuele) permite a cierto número de personas imponer determinada visión del mundo que justifica el poder que ellas detentan en la tecnocracia, en la cultura, en la escuela. Muchos niños ignoran cosas importantes de la historia o de la cultura pero a todos se les enseña a venerar a la ciencia. Lo que está detrás de esto no es simplemente la relación ciencia/técnica sino la relación ciencia/cultura, ciencia/poder. Esto es válido también en el campo de la moral. Hoy hay quienes acuden a la ciencia para saber si su sexualidad es buena o mala, si su agresividad o su religiosidad son adecuadas. La ciencia se vuelve una instancia privilegiada.

¿Cuáles son entonces las responsabilidades sociales de los científicos?

Las responsabilidades de los científicos no son diferentes de las de otras personas. Tal vez precisamente porque los valoramos en demasía, tendemos a sobrevalorar sus responsabilidades. Pero un científico que hace bombas para el ejército no difiere de un proveedor de botas o de un fabricante de tanques. Está claro que en la práctica, debido sobre todo a la notoriedad del científico, la cuestión de su responsabilidad emerge con mayor frecuencia. Pero, de hecho, esta responsabilidad es de todos. En el caso de la bomba atómica, los científicos fueron responsables, pero todos los otros también. No se trata simplemente de exigir responsabilidades a los científicos: hay que reivindicar para el conjunto de la sociedad la posibilidad de ejercer un control democrático sobre la ciencia. Así como se tiene una política social, se debe tener una política en el campo del conocimiento. No se trata de defender la posibilidad que tiene un científico de hablar en su calidad de ciudadano, sino de laicizar la ciencia y no atribuirle una vida aparte.

Pero ¿no existirían grados diferentes de responsabilidad? Fermi y Oppenheimer, por ejemplo, como consecuencia de las posiciones que ocupaban, con los conocimientos e informaciones que poseían, ¿no tendrían un grado mayor de responsabilidad?

Estoy de acuerdo. El científico tiene tal vez un papel particular al decir "esto puede ser hecho", o "el dinero debe ser aplicado en aquello". Su pericia es necesaria. Durante un cierto período estuve relacionado con la alta administración de la ciencia en Francia y vi actuar a las personas, por ejemplo cuando se discutía la construcción de un acelerador de partículas. Los científicos adquirieron algún poder político. Algunos decían:"Tienen que darme diez mil millones de francos, es muy importante que yo construya esa máquina...".

Los científicos tienen responsabilidades porque poseen información, el *dossier*, pero no les corresponde decidir más allá de ello; además, lo que puede ser dicho sobre la ciencia también puede ser dicho para cualquier otro sector. En muchas otras áreas, evidentemente, los que saben son los especialistas, pero cuando llega la hora de decidir, la cosa cambia. No corresponde a los especialistas ir más allá del *dossier*, cuya información debe estar disponible de modo tal que la decisión final —en suma, la bomba atómica— pertenezca a todos.

¿Cuál es su opinión sobre la creciente importancia que está adquiriendo la biología y sobre los riesgos que entrañan sus aplicaciones?

De la física llegamos a la biología. Me pregunto qué ocurrirá en los próximos siglos, cuando sociólogos y psicólogos lleguen, tal vez, a desarrollar técnicas tan eficaces y precisas como las de los físicos y los biólogos. Es siempre el problema de la relación entre la ciencia y la técnica. Desde Galileo, físicos y químicos unían ciencia y técnica, las escuelas de ingenieros formaban físicos y químicos. En cambio la biología era, hasta hace poco, una ciencia natural, con sus cazadores de mariposas y sus clasificadores. Hoy, ligada a la física y a la química, se volvió operativa. Se produjo una especie de revolución con el advenimiento de una ingeniería genética y una ingeniería biológica, que no existían. Simplificando, puede decirse que la biología presenta dos frentes principales: las técnicas de reproducción (la genética con todas sus aplicaciones), y la nueva fisiología, originada en el estudio del cerebro, un dominio muy sensible en lo que se refiere a las posibilidades de manipulación de individuos. De las conexiones de la biología con la física y la química surgieron la biofísica, la bioquímica, la biología molecular... y la biología adquirió una posición de fuerza. La ingeniería biológica y la biotecnología se volvieron muy importantes, originando cuestiones de naturaleza ética.

Sólo mencionaré un caso. En Francia se creó un comité nacional de ética, cuya función debía ser reglamentar la investigación, definiendo hasta qué punto los biólogos tienen derecho a experimentar con seres humanos. Poco a poco, de una manera a mi modo de ver ilegal pero que el Consejo de Estado acepta, ese comité adquirió una especie de competencia casi universal en materia de moral, biología y ética en un sentido amplio. Pasó a tratar cuestiones de principio que no se referían directamente a la investigación. Por ejemplo:¿es normal o no la existencia de los "vientres de alquiler"? y cosas por el estilo. Bueno, pero estas son cuestiones sobre las cuales todas las personas son competentes. Tropezamos de nuevo aquí con aquello de lo que hablábamos antes: ciertamente son los médicos y los biólogos los que conocen el *dossier* técnico, pero esto no les da el derecho de decidir sobre lo que debe hacerse. Y justamente por ser muy competentes en cosas que pueden ser bastante peligrosas, es que los científicos deben ser controlados. Lo mismo debe ocurrir con los militares. Ellos pueden ser muy competentes para hacer la guerra, saber cuáles son las fuerzas con que cuenta un país en un determinado momento, evaluar si pueden atacar, si lograrán defender. Pero la decisión de

hacer o no la guerra debe corresponder a todo el país.

La tendencia de la tecnocracia es transferir a "especialistas", técnicos o científicos, problemas que son de los ciudadanos: la organización de los transportes, de la medicina, la concepción de la enseñanza. Elecciones políticas son transformadas en cuestiones a ser decididas por comités de especialistas. No digo que los tecnócratas sean malos ni que tomen siempre decisiones erradas. Digo que es malo el sistema que les da ese poder.

El verdadero saber es aquél que las personas son capaces de dominar, no sólo de contemplar. ¿Es realmente posible la divulgación científica?

Usted tiene trabajos recientes sobre la cuestión del fraude en la actividad científica. Háblenos un poco de ello.

El verdadero problema es distinguir el fraude verdadero del falso. Actualmente en los EE.UU. aparecen cada vez más fraudes. En ciertos casos es preocupante. He escrito artículos para *La Recherche* sobre el tema. Se han descubierto centenares de prácticas dudosas realizadas por médicos, ciertamente fraudulentas en el sentido de que se basaban en experiencias que no habían sido realizadas en absoluto.

Esto trae a cuento el problema de los "filtros": ¿cómo pudieron esas personas hacer bellas carreras universitarias y publicar artículos importantes en revistas internacionales sin que nadie percibiese nada? Esto es interesante y aporta un argumento más en contra del "internalismo". Las revistas reciben artículos y los someten a revisores especializados. Es fácil demostrar que el funcionamiento epistemológico de esos especialistas está muy condicionado sociológicamente. Si uno está ligado a un instituto o universidad renombrados, su texto será aceptado; si es profesor de una universidad sin importancia, el mismo será rechazado.

En los EE.UU. estas cuestiones han sido debatidas y estudiadas. Hace poco tiempo, por ejemplo, se hizo una experiencia en una revista especializada en psicología. Se tomaron cerca de trece artículos ya publicados y considerados de buena calidad; a continuación, se modificó apenas la primera línea de cada uno y se solicitó una nueva publicación con autoría atribuida a oscuros profesores de facultades menores. Sólo un caso fue identificado como fraude. ¡Todos los otros artículos fueron rechazados por la misma revista en la que ya habían sido publicados! No hay justificación teórica para una cosa así. En una investigación realizada en los EE.UU., entre 60 y 80 investigadores fueron consultados sobre lo que pensaban de esa práctica y, en general, respondieron que la hallaban "normal". "Recusar a un desconocido es normal —dice una ganadora del premio Nobel— porque la ciencia es una cuestión de confianza: si yo lo conozco a usted y lo considero honesto, y usted dice que realizó tal experiencia, yo le creo; pero si vive lejos y me escribe sobre la cuestión, y yo no lo conozco, rechazo el artículo". Los otros pensaban más o menos lo mismo.

Otro tipo de fraude destaca los riesgos del "internalismo". Sabemos que, en un sentido amplio, la biología molecular está ligada cada vez más con la industria. Pues bien, en los EE.UU. hubo un escándalo precisamente en ese campo. El hecho es que los artículos muchas veces son sometidos a revisores que a su vez son empleados de una industria competitiva... ¡Y un consultor robó las ideas del artículo que le fue dado a examinar!

Un aspecto todavía más interesante es que hay fraudes característicos y otros menos evidentes. En EE.UU. un investigador alegó que los resultados publicados por otro habían sido falsificados, y esto originó una investigación. Fue apasionante porque generó controversias acerca de lo que significa presentar resultados científicos. Se trataba de filogenética molecular, del estudio del ácido desoxirribonucleico (ADN), pero los datos estadísticos dependían de una interpretación. Según la técnica que se utilizase para esto, se llegaba a resultados diferentes. Los investigadores críticos, que pidieron los datos anteriores a la interpretación y los consiguieron, consideraron que los mismos no eran compatibles con las conclusiones expresadas en el artículo. Los autores replicaron: "Esto es normal, los datos deben ser interpretados". En suma: sabemos que hubo manipulación de datos, pero no si los resultados presentados son verdaderos o falsos.

Mencionaría todavía una cuestión final: ¿por qué los fraudes sólo aparecen en los EE.UU.? En Francia jamás se habla de esto; es de suponer que todos se callan. Es interesante destacar también que, cuando hay fraude, el mal visto es el que lo denuncia.

Ya que estamos entre *La Recherche* y *Ciência Hoje*, ¿quisiera decir algo sobre la cuestión de la divulgación científica?

A este respecto haría una primera pregunta: ¿es realmente posible la divulgación científica? Hay quienes creen que ella promueve el aprendizaje de la ciencia. Son como los "internalistas" de la historia de la ciencia, que sólo consideran los textos y creen que, leyéndolos, se aprende todo. El caso extremo es el de la persona no muy instruida, que compra un montón de revistas científicas, lee todo y queda convencida de que conoce la ciencia. En fin, ¿se puede aprender ciencias a través de la mera lectura de textos? Ya comentamos que la ciencia no está hecha de textos, es una práctica...

Otro problema es saber si la divulgación científica forma de hecho a las personas y cultiva el espíritu crítico, como en general se afirma. Lo que la experiencia muestra es que se trata, en muchos casos, de una literatura completamente mistificadora. Cuanto más sofisticado es un artículo, cuanto más abstrusa es la cuestión que aborda, más disparates puede contener. Un ejemplo: cuando *La Recherche* cumplió un año, resolvimos hacer un "día de los inocentes". Preparamos un artículo que relacionaba la configuración de ciertas estrellas con la nariz de un animal inventado por un biólogo francés para burlarse de los evolucionistas, que caminaría sobre su propia nariz. El texto tenía dos páginas de consideraciones sobre tales estrellas y tal animal, citando periódicos inexistentes. ¿Sabe que mucha gente lo tomó en serio? Hasta un famoso periodista científico de la televisión francesa, autor de libros de divulgación que se venden por millares, creyó ingenuamente en una cosa tan disparatada. Nunca más repetimos la broma: mucha gente cree cualquier cosa si está dicha por una revista científica. El problema es serio. ¡Ningún absurdo parecerá más espantoso que el de la mecánica cuántica!

En su afán de enseñar ciencia, las obras o revistas de divulgación van al encuentro de personas incapaces de crítica. La revista *Science et vie* publicó un artículo sobre "el triángulo de Bouches-

du-Rhône" (un departamento de Francia) comparándolo con el famoso triángulo de las Bermudas. Se decía que el triángulo fue localizado en las proximidades de Marsella y se mencionaban catástrofes ocurridas allí. No sólo mucha gente lo creyó, sino que además la revista recibió muchas cartas confirmatorias. Un lector decía, por ejemplo, que su auto había sufrido un desperfecto al entrar en el área... En suma, la revista recibió confirmaciones experimentales de la existencia de tal triángulo. Esto muestra que es preciso reflexionar seriamente. ¿No sería el verdadero saber aquél que las personas son capaces de dominar? Si el público no domina el saber ni es capaz de criticarlo, estamos exhibiendo una especie de "vidriera de la ciencia" y un saber que solamente puede ser contemplado, no tocado.

Lo importante no es conocer en detalle los últimos resultados de cada rama de la ciencia, sino saber cómo funciona culturalmente.

Pero usted trabaja en *La Recherche*, una revista de divulgación. ¿Qué hacer para no incurrir en ese tipo de vulgarización?

El verdadero problema sería distinguir niveles de vulgarización y ser conscientes de que ella no es enseñanza. Leer artículos sobre mecánica cuántica no es lo mismo que aprenderla a través de una formación profesional. En segundo lugar, vulgarización es una palabra, por lo menos en francés, peyorativa: significa tornar vulgar. *La Recherche* trata de no vulgarizar en ese sentido, pero no deja de ser una revista de vulgarización: tenemos un tiraje de cien mil ejemplares. No escapamos a esos problemas. La prueba es que cuando hicimos una broma, las personas lo creyeron; podríamos, por consiguiente, ser mistificadores.

Es necesario también diferenciar vulgarización científica y cultura científica. Esta última consiste en el saber que se puede tener sobre la ciencia. No se trata de estar a la par de los últimos resultados de la cosmología relativista, de ésta o de aquélla novedad; la cultura científica se ocupa, sobre todo, de las informaciones sobre el progreso, el avance del conocimiento. Pero es mucho más que esto.

En el plano del conocimiento hay dos cosas fundamentales: primero, mostrar bien el significado de lo que se hace en ciencia, lo que en general no ocurre. Son comunes los grandes titulares que anuncian descubrimientos que, de hecho, no cambiaron gran cosa en un determinado campo. El segundo punto tiene que ver con las lagunas. No deberían divulgarse sólo los triunfos de la ciencia, es también fundamental mostrar lo que no se conoce. Tomemos, por ejemplo, la teoría de la evolución. Permanentemente se anuncian pequeños perfeccionamientos logrados en ese terreno, lo que sugiere que ya existe un cuerpo completo de conocimientos que va recibiendo retoques finales. Esto no es verdad: la teoría de la evolución tiene enormes lagunas. Es difícil mostrarlo porque las revistas, los científicos y los mismos lectores quieren progresos, pasos decisivos. Pero el efecto de la práctica usual es desastroso: hay personas que después de leer veinte artículos sobre la teoría de la evolución adquieren al respecto ideas claras y precisas, en tanto los verdaderos científicos están llenos de dudas, y dan vueltas y vueltas alrededor de enormes lagunas. De esta manera no se contribuye, por lo tanto, a la formación del sentido crítico. Un artículo importante tal vez debería estar acompañado de un texto crítico, escrito por otros científicos, con sus evaluaciones respectivas.

Cuando propongo la crítica, no se trata de disminuir a los científicos. Se trata de la misma crítica que debe ser parte de la historia de la ciencia. Einstein, Darwin, Pasteur o Galileo fueron buenos científicos, pero se puede mostrar que su discurso, sus pruebas, son menos cabales de lo que generalmente se dice. Esto debe llegar al público y es importante por muchos motivos. Uno de ellos: cuando haya fraude tendremos un público adulto, en lugar de un público que cree ciegamente en los científicos y que se escandaliza cuando algo no funciona bien.

También me gustaría señalar que existe una contradicción permanente en la divulgación científica. Para el investigador los problemas se presentan complicados; cuando el asunto se enseña en las facultades, se lo empieza a simplificar; en la escuela secundaria se lo simplifica más; por fin, en la escuela primaria o en la vulgarización todo se vuelve aún más simple. La ciencia es complicada. Queriendo "facilitar", la vulgarización simplifica y dogmatiza. Se debe hablar sobre esto con el lector.

Finalmente, creo que debe hacerse un esfuerzo para mostrar el saber de un modo crítico. Se debe presentar una imagen realista de lo que es una institución científica. Mostrar las presiones a las que están sujetos los investigadores, mostrar la cultura política de la ciencia, cómo está financiada, cómo es su organigrama administrativo. Se debe saber que el progreso en un área dada resulta no sólo de las presiones sociales sino también de las dotaciones presupuestarias. En la divulgación, por lo tanto, lo esencial no es sólo revelar los últimos detalles técnicos, los descubrimientos, los resultados, sino mostrar el significado de los resultados y la forma en que se produce ciencia: el funcionamiento de la institución científica, las academias, los árbitros, las dificultades del científico joven, el financiamiento, las diversas interpretaciones existentes, etc. De todo esto depende lo que llamo la verdadera cultura del ciudadano. Es esto lo que hará posible el control colectivo y democrático de la ciencia. Luego, no se trata de conocer toda la ciencia, sino de saber cómo funciona culturalmente.

Esto es lo que buscamos en *La Recherche* y creo que es lo que ustedes también intentan hacer. Pero hay mucho que inventar... y las trampas son innumerables. Para los problemas importantes del hombre no hay solución técnica neutra: los problemas son siempre más complicados que el modelo científico. La salida tal vez consista no en pretender la objetividad y la neutralidad, sino en hacer que varias personas, con puntos de vista variados, hablen sobre un mismo asunto. De esta manera el lector podrá formarse un juicio. El verdadero problema detrás de todo esto es el de transformar al lector pasivo (en la divulgación tradicional, el lector es pasivo, los descubrimientos llegan hasta él, pero él no puede siquiera evaluarlos) llevándolo a ejercitar su espíritu crítico. Esto es muy importante, precisamente porque la ciencia está en el corazón del sistema. Si enseñamos a las personas a respetar por demás a la ciencia, estaremos socavando la posibilidad de criticar a la tecnocracia. ⊙

*El texto de esta entrevista, escrito originariamente en portugués, fue procesado por María Ignez Duque Estrada y María Luiza X. de A. Borges (*Ciência Hoje*).*
Traducción al castellano: Angela Saltarelli.

DROGAS: ¿Cuál es el problema?

Jandira Masur
Departamento de Psicobiología,
Escuela Paulista de Medicina, Brasil

Una comparación de dos drogas legalizadas (tabaco y alcohol) y tres prohibidas (cocaína, heroína y marihuana) indica que no siempre la ley considera los riesgos reales que acarrean cada una de ellas.

Drogas. Tema cotidiano en los medios de comunicación. Los debates —que enfocan desde la represión del tráfico hasta posibles aproximaciones educativas— se han vuelto un lugar común. Las discusiones se han incentivado a causa de un factor que complica la situación: el riesgo de que se transmita el SIDA por el uso de drogas inyectables. Recientemente se abrió un nuevo foco de discusión: ¿no sería mejor desincriminar el uso de la marihuana? Para la legislación brasileña actual, la posesión de cualquier cantidad de marihuana se caracteriza como tráfico, que implica la prisión del portador, o como dependencia, que implica el "tratamiento" compulsivo. La figura del usuario ocasional no está prevista en la ley. Este debe ser juzgado necesariamente por tráfico o "vicio". Con la desincriminación, la tenencia de hasta una determinada cantidad de marihuana no constituiría un delito grave ni implicaría una obligación compulsiva de recibir tratamiento.

Entre tanto, la discusión no se limita a la marihuana sino que se ha ampliado, en el ámbito internacional, a la posible desincriminación de todas las drogas. A pesar de que en un primer momento la simple mención de la desincriminación de la marihuana (la Asociación Brasileña de Psiquiatría la defendió en 1987) y, sobre todo, la posibilidad de liberar todas las drogas produjo un "estado de alarma", vale la pena reflexionar sobre los motivos que llevan a poner sobre el tapete tal posibilidad. No se trata, como se podría pensar, de permitir que las personas puedan ejercer con total libertad la opción de usar drogas o no. Este discurso "libertario" está presente, pero tiene poco eco. Los argumentos en contra y a favor

Juan Carlos Distéfano, "La telaraña". Museo de Arte Contemporáneo de Buenos Aires. Foto: Andrés Barragán

más importantes son de otra naturaleza, basándose tanto unos como otros en razonamientos lógicos, como lo demuestra un análisis despojado de preconceptos.

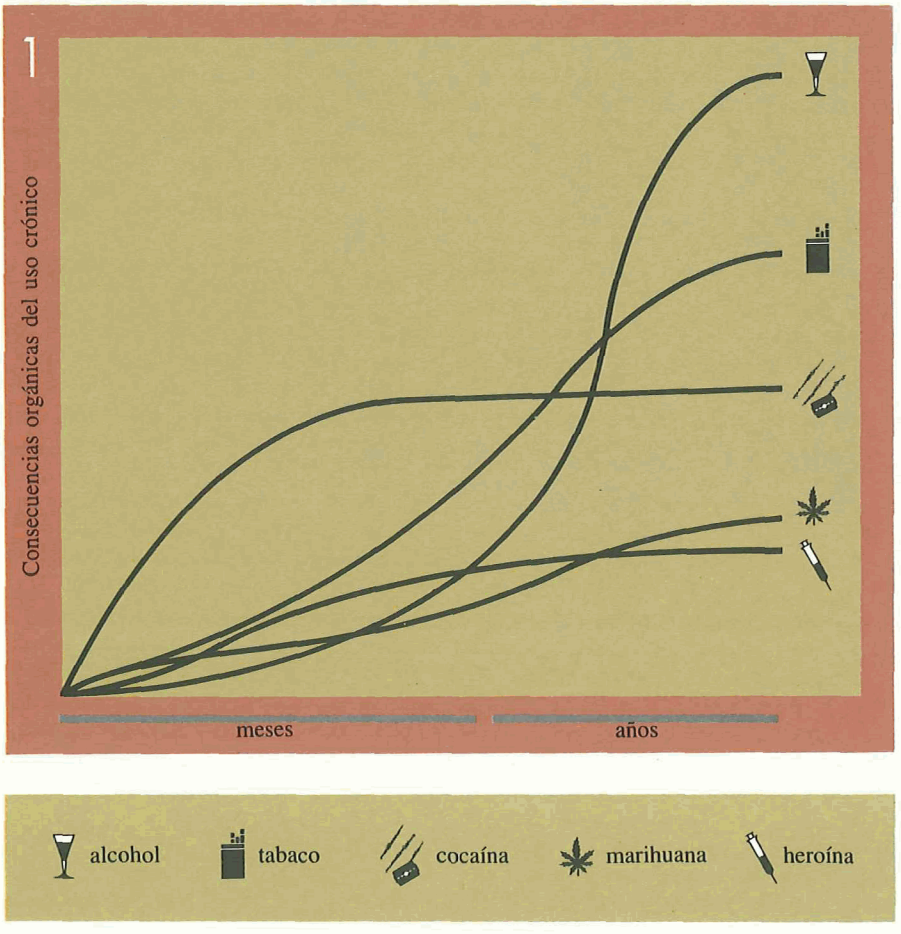
Los argumentos a favor de la liberación pueden resumirse así: la sociedad no se siente segura con respecto al éxito de las medidas represivas actualmente en vigencia. Quiere discutir nuevas fórmulas. La liberación no se constituye en un bien en sí, sino, eventualmente, en un mal menor. La desincriminación, o incluso la liberación, no aumentaría el número de personas que hacen uso abusivo de drogas, pues las personas saben lo que más les conviene; un eventual aumento sería solo aparente, consecuencia del mayor número de personas que admitiría usar drogas y que lo haría más abiertamente.

Una de las ventajas sería no transgredir la ley, lo que desacredita al sistema como un todo. Además, la ilegalidad coloca a todas las drogas en un mismo plano, aunque las consecuencias de su uso sean muy diferentes. Con la liberación, el Estado podría controlar el uso de las drogas, limitando locales, horas de venta y edad de los consumidores. La ilegalidad, ante la venta libre y hasta estimulada de alcohol y tabaco, crea una duplicidad moral que perjudica las propuestas educativas. El dinero empleado en combatir el tráfico (cerca del 15% de la deuda externa brasileña sólo en los EE.UU.) podría ser usado en programas educativos y en la rehabilitación de los dependientes. Existen en las farmacias psicotrópicos de venta legal, a veces incluso sin prescripción médica. Tampoco puede ser desconocido el hecho de que drogas psicoactivas serían utilizadas —aparentemente sin problemas— por determinados grupos como el del culto de Santo Daime. Lo más importante: quienes ganan con la ilegalidad son los traficantes, señores de verdaderos imperios económicos, con importante influencia política (como por ejemplo la Mafia, que tuvo expresiva expansión durante la Ley Seca que rigió de 1919 a 1932 en los EE.UU.).

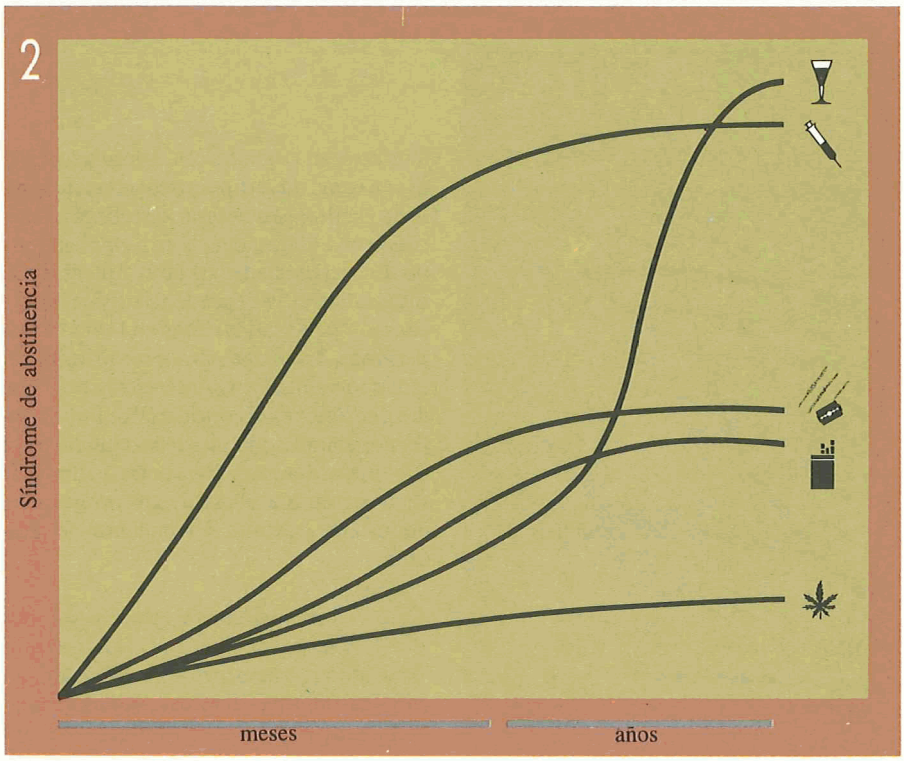
A la vez se contraponen otros argumentos: liberar las drogas es la respuesta de la desesperación, no una solución; no hay evidencia científica de que la legalización no llevaría a un aumento galopante del uso; a los actuales problemas acarreados por el alcohol y el tabaco se sumarían los causados por el consumo de drogas; los riesgos son demasiado grandes como para que se asuma tal decisión sólo por ver qué resulta. La legalización equivale a un aval del Estado al consumo. Si la mayoría de los adultos sabe discriminar lo que es bueno de lo que es malo, entre los jóvenes esa capacidad es mucho menor. Decir que el Estado podría controlar el uso es un argumento irreal: puede ser posible en otros países, pero en Brasil el no cumplimiento de las leyes es regla. La utilización de drogas en "cultos" se da entre un número relativamente pequeño de personas ligadas por determinados valores muy definidos, y se hace en un ceremonial específico; es irreal querer extrapolar esta situación a toda la población. La duplicidad moral debe ser combatida con esfuerzos más concentrados en reducir el uso del alcohol y del tabaco. Obtener dinero de los consumidores a través de impuestos para después tratarlos es una incoherencia. Los psicotrópicos vendidos en las farmacias tienen finalidad terapéutica. Con la droga liberada, su control pasaría de la marginalidad a la industria y así todo un poder económico, ahora oficial, usaría de su reconocida competencia para ampliar el mercado consumidor.

Para la mejor comprensión de este asunto hace falta, a nuestro modo de ver, una visión comparativa de los perjuicios causados a corto y largo plazo por las diferentes drogas sean de uso libre o no. Es preciso indagar si estos perjuicios se relacionan con el organismo del usuario o con su convivencia social; cuál de ellas ofrece mayor riesgo de sobredosis y cuál favorece al contagio del SIDA.

Dentro de esta perspectiva comparamos por medio de gráficos las sustancias que generan mayor discusión: alcohol, tabaco, marihuana, cocaína y heroína, esta última como prototipo de los opiáceos. Las diferencias apuntadas gráficamente no pretenden ser exactas sino proporcionar tan sólo un orden de magnitud. Tampoco pretendemos hacer un análisis exhaustivo de los problemas e implicaciones del uso de estas sustancias: destacamos los fenómenos más comúnmente asociados a su uso constante, en dosis relativamente altas. Los gráficos no se



Consecuencias orgánicas originadas por el uso crónico de las cinco sustancias en discusión. Nótese que el alcohol suele requerir años para producir este tipo de efectos, mientras que la cocaína puede provocarlos en semanas o en algunos meses.



Consecuencias de la interrupción del consumo para las cinco sustancias. Debe observarse que el alcohol requiere, en general, varios años para producir el síndrome de abstinencia, mientras que la heroína puede provocarlo en semanas.

refieren, por lo tanto, al así llamado "uso esporádico".

Una comparación entre las cinco sustancias teniendo en cuenta el riesgo orgánico —sin incluir los asociados a sobredosis, a vía de administración y a síndrome de abstinencia— (figura 1) muestra que el alcohol es la droga cuyo uso crónico implica el mayor riesgo; bajo este concepto se engloba tanto la probabilidad de que se presenten problemas, cuanto su número y gravedad. Entre estos riesgos figuran la gastritis (uno de los disturbios más precoces), el aumento de la presión arterial, pancreatitis, miocarditis, hepatitis y cirrosis alcohólica, disturbios neurológicos graves, alteraciones de la memoria y lesiones del sistema nervioso central. Sin embargo, estos problemas requieren un tiempo relativamente largo para aparecer si se los compara con los efectos del uso crónico de la cocaína, e incluso del tabaco.

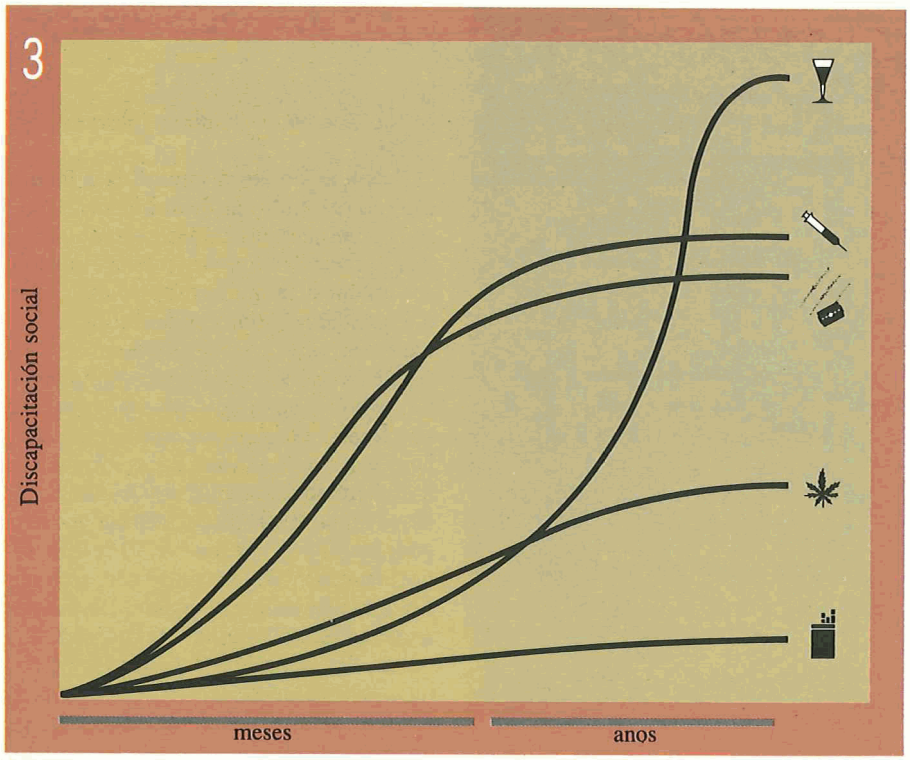
El uso continuado de cocaína acarrea, después de un período relativamente corto, del orden de meses o incluso de semanas, problemas tales como adelgazamiento extremo, debilitamiento general del organismo, insomnio, lesión grave de la mucosa nasal (por el efecto vasoconstrictor de la droga) y mayor susceptibilidad a las convulsiones. El tabaco también puede conducir, más rápidamente que el alcohol pero más lentamente que la cocaína, a problemas tales como disturbios bronquiales (los más precoces), aumento de la probabilidad de cáncer pulmonar y de infarto de miocardio. El establecimiento de un nivel más elevado para el alcohol, en el criterio de los riesgos, no debe ser entendido como si un cáncer o un infarto asociados al tabaco no fueran considerados entre las más graves situaciones: ese criterio engloba no solamente la gravedad de la condición sino también el número de sistemas y funciones afectados, la probabilidad de que ocurra y la proporcionalidad de los riesgos entre las drogas examinadas.

Los problemas que acarrea la marihuana aparecen lentamente y, en comparación con el alcohol, la cocaína y el tabaco, son menos peligrosos. Causa sobre todo pérdida de memoria para sucesos recientes y alteraciones hormonales reversibles (caída en los niveles de testosterona y disminución de la cantidad de espermatozoides). Todavía se desconoce si puede aumentar, como el tabaco, la probabilidad de cáncer pulmonar. Al consumo crónico de heroína están asociados espasmos de las vías biliares y constipación intestinal, complicaciones orgánicas que son, sin duda, muy menores si se las compara con las causadas por las otras cuatro sustancias. La afirmación de que "la buena salud no es incompatible con el uso regular de opiáceos" está contenida en la séptima y más reciente edición del clásico libro-texto utilizado en los cursos de medicina *Bases farmacológicas de la terapéutica*, de Goodman y Gilman (Nueva York, 1985).

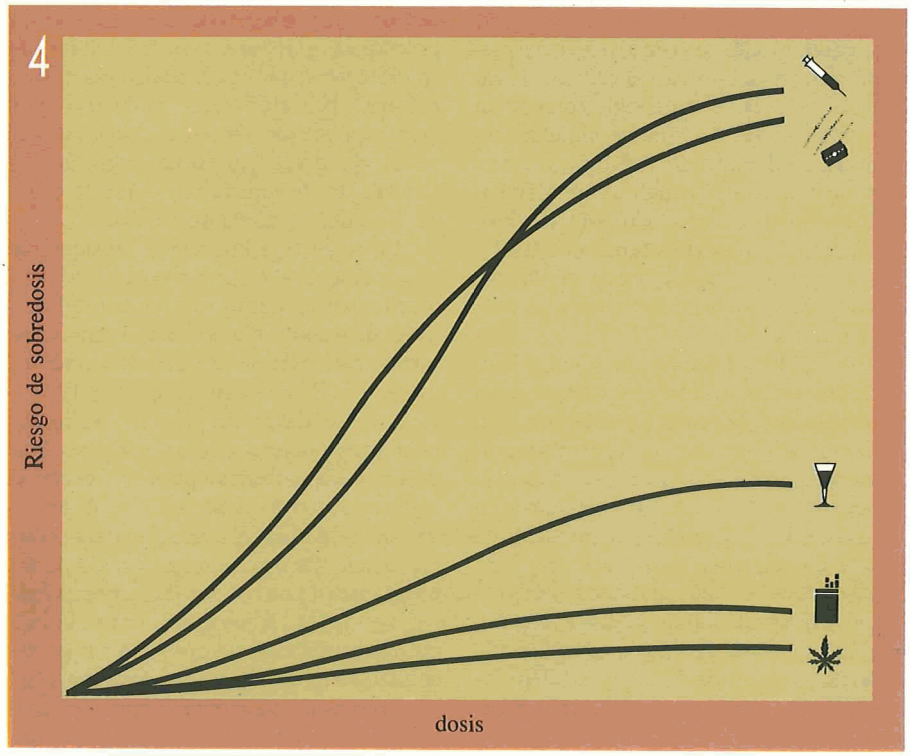
Examinando las mismas drogas bajo el aspecto del síndrome de abstinencia (figura 2) y considerando su intensidad y gravedad, verificamos que la heroína y el alcohol son las que determinan mayor riesgo, siendo entendido el síndrome de abstinencia como el conjunto de señales y síntomas característicos que aparecen con el súbito abandono del consumo. El síndrome de abstinencia del alcohol, que necesita años para desarrollarse, varía de las formas más leves (temblor de manos, inquietud, insomnio, irritabilidad) hasta el *delirium tremens* que puede llevar a la muerte. El de la heroína reviste la misma gravedad pero se manifiesta en tiempo mucho menor. Después de semanas de uso continuo de la droga, una brusca detención puede causar graves disturbios gastrointestinales (cólicos intensos, diarrea, vómitos, deshidratación), pérdida de peso, irritabilidad y malestar generalizado. El síndrome de abstinencia del tabaco tiene una variación individual muy grande: hay personas que han fumado diariamente, y por varios años, dos o tres atados de cigarros y pueden dejar de hacerlo sin problemas mayores que un fuerte deseo de fumar. Otros, que han fumado de la misma manera o incluso en menor cantidad y/o por un tiempo menor, sintieron, al dejar de hacerlo, irritabilidad, ansiedad, inquietud, dificultad de concentración, dolor de cabeza, insomnio y aumento del apetito.

Con respecto a la cocaína, interrumpir abruptamente el consumo puede provocar mucho sueño, cansancio, aumento del apetito y depresión. Como no determina disturbios fisiológicos claramente observables que exijan el abandono gradual de la droga, existen dudas de que provoque realmente un síndrome de abstinencia. La interrupción del uso de la marihuana puede provocar en algunas personas manifestaciones de ansiedad, irritabilidad, disminución del apetito e insomnio. Pero la sintomatología es de débil intensidad y no reviste prácticamente ninguna gravedad. Al contrario de un síndrome de abstinencia real que refleja el grado de adaptación del organismo a la droga (neuroadaptación), tales manifestaciones apenas pueden traducir la somatización del deseo de continuar usándola.

La discapacitación social —considerada por muchos la consecuencia más grave del uso de drogas— refleja las dificultades en la vinculación interpersonal, afectando las relaciones afectivas y profesionales. La inhabilitación social depende tanto de las



Discapacitación social provocada por el consumo crónico de las cinco sustancias. Nótese que el alcohol inhabilita socialmente a los consumidores después de varios años, mientras que la heroína y la cocaína puede hacerlo en pocas semanas.



Riesgos de la sobredosis para las cinco sustancias consideradas.

alteraciones psicológicas causadas por la droga como de la propia dependencia a que la droga lleva. Es necesario recordar que el concepto de dependencia en sentido amplio no se refiere al síndrome de abstinencia (característica de la dependencia física) sino a cuánto "penetra" la droga en la vida de las personas. La droga pasa a ser prioridad y máximo valor. Otros intereses y actividades que antes eran considerados importantes por el individuo pierden su lugar frente a la droga. La inserción social de una persona para la cual el uso de una droga es tan importante, resulta obviamente perjudicada.

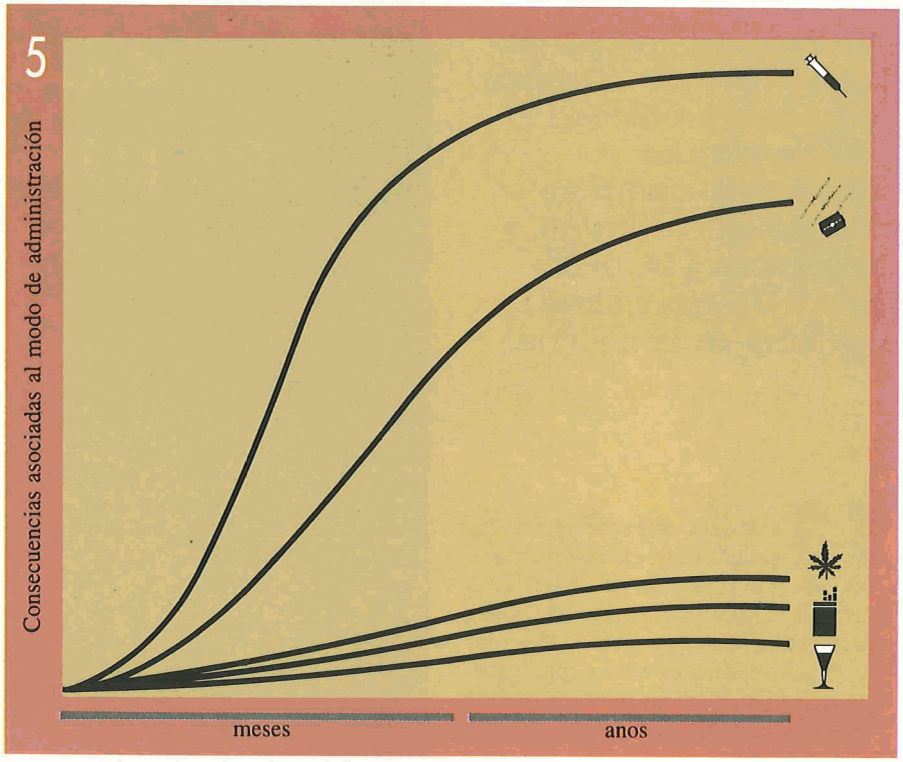
Si comparamos las cinco sustancias en cuestión (figura 3), veremos que nuevamente se destaca el alcohol por la intensidad y gravedad de la incapacitación que puede producir. La embriaguez constante vuelve difícil el ejercicio coherente de cualquier actividad profesional y conduce también al deterioro de las relaciones personales. Sin embargo, esta incapacitación se produce por lo general mucho más tarde con el alcohol que con el uso de heroína o de cocaína. La búsqueda de las condiciones para tener acceso a la droga —obtener dinero, contactar al revendedor— pasa a ser una preocupación dominante. La cocaína desencadena sentimientos persecutorios, traducidos en "un enorme e indescriptible miedo sin causa aparente", que puede llevar a manifestaciones de violencia. La situación de la marihuana es muy diferente. Aunque haya personas que la utilizan con mucha frecuencia disminuyendo por eso su capacidad para realizar actividades productivas, es esto mucho más raro que en el caso del alcohol, la cocaína y la heroína. En relación con el tabaco se admite que, por más que alguien fume, su inserción social no se ve perjudicada.

Un aspecto muy importante a considerar cuando se discute acerca del uso de drogas, es el problema de la sobredosis, entendiéndola como una situación en la que el uso abusivo produjo consecuencias graves que requieren cuidados médicos y que no es raro que conduzcan a la muerte. En este aspecto el riesgo es grande tanto en el caso de la heroína como en el de la cocaína: ambas desencadenan alteraciones profundas del sistema nervioso central que pueden matar por depresión respiratoria (heroína), convulsiones, crisis de hipertensión, hemorragia cerebral, ataque cardíaco (cocaína). Tales casos son cada vez más frecuentes en las unidades de terapia intensiva. La sobredo-

sis de alcohol sería el coma alcohólico, pero frente al número de personas que beben esa probabilidad es mucho menor, excepto cuando el alcohol se ingiere junto a otras drogas.

El riesgo relativamente menor de sobredosis por causa del alcohol puede ser explicado en parte por dos factores limitativos ligados al propio efecto de esa droga. Uno de ellos es la náusea seguida por vómitos, cosa frecuente cuando uno exagera en la dosis; de esta manera se absorbe menos alcohol y se evita una más alta concentración plasmática. El otro factor que "protege" es el sueño producido por altas dosis de bebidas alcohólicas que impide a la persona beber más. El peligro de sobredosis causada por la marihuana es muy bajo o no existe. Han sido relatados casos de alucinaciones que duran varios días cuando por accidente se ha ingerido una gran cantidad de tetra-hidrocanabinol (THC), el principio alucinógeno de la marihuana. Pero el riesgo de que altas concentraciones de marihuana afecten las funciones vitales es mínimo. Como en el caso del tabaco, el peligro de sobredosis es prácticamente nulo. Esto, por supuesto, teniendo en cuenta la forma en que es utilizada. Se sabe que la ingestión oral de un atado de cigarrillos podría ser fatal.

En presencia de un problema tan grave como el SIDA, es más que oportuno discutir no sólo los peligros intrínsecos de las drogas sino también aquellos provenientes de la vía de administración más común. La transmisión del SIDA por vía sanguínea vuelve a los usuarios de heroína y cocaína un grupo de alto riesgo frente a esta enfermedad (figura 5). La práctica de compartir la jeringa forma parte, para muchos, del propio ritual asociado a estas dos drogas. Por otra parte, en el momento de inyectarse desaparece la preocupación por el contagio. El miedo de ser descubiertos por la policía con una jeringa en el bolsillo es también uno de los factores alegados por los adictos para no usar material descartable. Junto al peligro de contraer el SIDA o la hepatitis se da también, a causa de la administración de drogas inyectables, la posibilidad de transmisión de otros innumerables procesos infecciosos (endocarditis, septicemia, abscesos pulmonares, cerebrales y subcutáneos), embolias causadas por cuerpos extraños así como lesiones neurológicas y musculoesqueléticas debidas a las impurezas que el preparado puede contener. Los peligros asociados a la administración endovenosa son mayores para la heroína que para la cocaína. Esto es así porque la vía



Riesgos vinculados con la vía de administración de las cinco sustancias.

más común de administración de la heroína es la endovenosa, mientras que con la cocaína la aspiración es bastante común, principalmente en los primeros tiempos de su uso. En cuanto al alcohol, la marihuana y el tabaco, no existen problemas relevantes asociados a las vías más comunes por las que tales sustancias son usadas.

A título de consideraciones finales, algunos puntos han de ser señalados. Entre ellos el hecho de que varios aspectos ligados al uso de las drogas —como su efecto cuando son consumidas durante el embarazo— no hayan sido analizados aquí. Hemos intentado mostrar tan sólo la posición relativa de cada una de estas sustancias ante los peligros que involucran, posición que se altera drásticamente según el aspecto considerado. El alcohol, por ejemplo, es droga de alta peligrosidad si se consideran los problemas orgánicos, el síndrome de abstinencia y la inadaptabilidad social que provoca. Sin embargo, es menos peligroso que la cocaína y la heroína con respecto al riesgo de sobredosis.

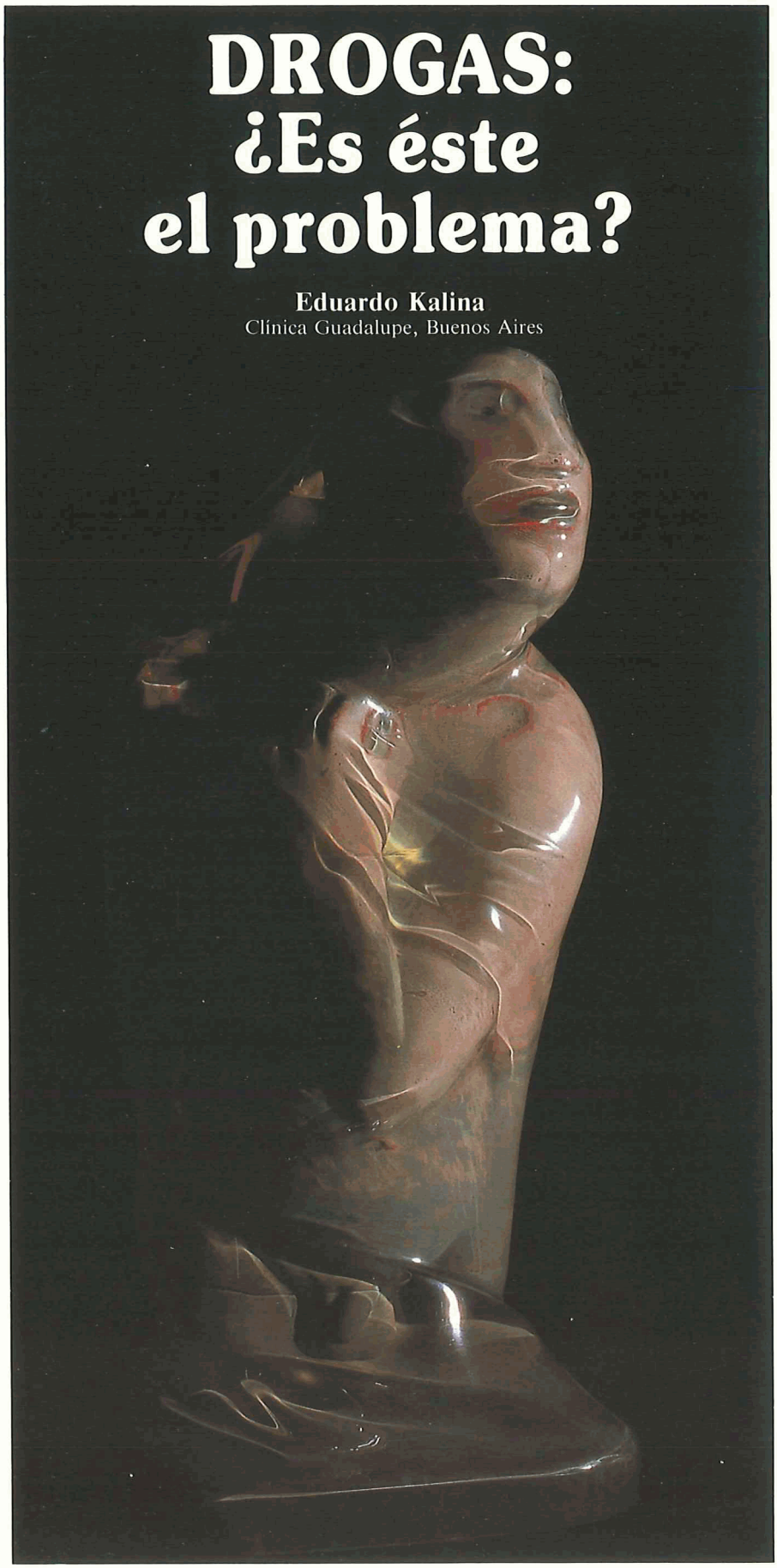
Otro punto que merece ser subrayado es el tiempo de uso necesario para que las diferentes sustancias produzcan problemas. En las clínicas brasileñas que atienden dependientes, la edad media de los alcohólicos es de entre 35 y 40 años, mientras que los adictos a la cocaína tienen alrededor de 18-20 años. Una vez que el uso tanto del alcohol como de otras drogas se inicia en general en la adolescencia, es como si aquél tuviese la "ventaja" de dar un tiempo mayor para que se establezca (o no) su consumo sin problemas. Por el contrario, con la cocaína y la heroína este plazo es muy corto: antes de que el individuo tenga la posibilidad de "pensar dos veces", las consecuencias ya aparecen. Es claro que esta aparente ventaja del alcohol puede derivar del hecho de que su uso es legal. Dentro de este razonamiento, la clandestinidad podría llevar a la precocidad de los problemas. Entre tanto debe ser recordado que, al menos en lo que se refiere a la inserción social, los dos polos —el de mayor y menor discapacitación— son producidos por las dos sustancias actualmente legalizadas, respectivamente, el alcohol y el tabaco. ⊙

El texto de este artículo, escrito originariamente en portugués, fue procesado por el equipo técnico de la revista brasileña Ciência Hoje. *Los epígrafes que acompañan a los gráficos 1, 2 y 3 fueron redactados por la autora a solicitud de* Ciencia Hoy.

DROGAS: ¿Es éste el problema?

Eduardo Kalina
Clínica Guadalupe, Buenos Aires

En razón del carácter polémico del artículo de Jandira Masur, "Drogas: ¿cuál es el problema?", *Ciencia Hoy* ha considerado oportuno solicitar una reflexión crítica acerca de dicho texto a un especialista argentino en la materia.



He de decir ante todo y sin ambages que estoy en contra de la legalización de las drogas cualquiera sea la forma bajo la que ésta quiera ser presentada. En un momento como el actual, cuando el debate público y parlamentario está en marcha, resulta fundamental que cada experto dé a conocer su posición de manera inequívoca. En "Drogas: ¿cuál es el problema?", Jandira Masur no sólo ofrece un panorama parcial de lo que sucede en nuestras poblaciones como consecuencia del consumo de drogas (legales o no) sino que, además, no se define claramente.

En un reportaje que le hizo el 28 de abril de 1988 el diario brasileño *Folha de São Paulo*, la doctora Masur sí se definió. Manifiesta allí su franca oposición a que los alcohólicos sean juzgados según leyes que contemplan sólo el acto de beber con independencia de la problemática total de la persona. Esta declaración surgió como consecuencia de un resonante fallo de la Corte Suprema de los Estados Unidos de Norteamérica que redefinió recientemente al alcoholismo como "un desvío de conducta intencional" (*willful misconduct*). Jandira Masur se opone a las "generalizaciones moralistas" de una sociedad con "doble moral". Por supuesto no puedo dejar de compartir este criterio ni de rebelarme ante la dualidad moral, un comportamiento que es de hecho responsable de innúmeras adicciones.

Por más de quince años he registrado permanentemente en mis estudios de las conductas familiares y sociales un "doble mensaje inductor" caracterizado por el imperativo "haz lo que yo digo y no lo que yo hago". Decir algo y hacer simultáneamente lo contrario es una conducta de graves consecuencias, sobre todo cuando proviene de personas significativas —padres,

maestros, políticos, deportistas— o cuando llega a través de medios con gran poder, como la televisión, el cine, la propaganda mural, etc.

Nuestra sociedad incentiva tanto al alcohólico como al adicto al tabaco por medio de propagandas libremente difundidas y prohibe, al mismo tiempo, el uso de drogas que, consideradas desde ciertos puntos de vista parciales, pueden ser, en opinión de Jandira Masur, menos peligrosas. No conformista, ella se rebela ante un fenómeno de "doble moral", y en su afán por demostrar que el alcohol y el tabaco son en ciertos aspectos más dañinos que otras drogas consideradas ilegales, desvirtúa la realidad global del problema. ¿No sentirá algún lector —y pienso en los jóvenes lectores— cierto estupor, cierta perpleja incomodidad, ante tres de los cinco gráficos que se presentan en el trabajo? ¿Tendrán todos los lectores, e insisto en recordar a los muy jóvenes, la capacidad de "leer" en los diagramas el dramático efecto de la cocaína, la heroína y la marihuana, efecto que los especialistas vemos y vivimos diariamente? ¿Visualizarán, por ejemplo, las terribles consecuencias en el correr de los meses del abuso de la cocaína y la heroína, tan claramente como muestran las ilustraciones los desastrosos daños causados por el alcohol en el transcurrir de los años? La propia autora se encarga de alertarnos sobre este aspecto de la cuestión —a mi parecer determinante— en los epígrafes que acompañan a los gráficos. Pero de hecho, éstos allí están y en tres de ellos campean, en la cúspide, en un dibujo que entra por los ojos, las drogas legalizadas... Insisto: parcializar puede llevar a desvirtuar la naturaleza del problema, un problema demasiado serio como para que algún lector —aunque sólo fuera uno— llegara, ante estos gráficos, a conclusiones equivocadas.

Tanto el alcoholismo como las otras adicciones son enfermedades, y tanto la psicopatología que sufren los adictos como la acción biológica que estas sustancias ejercen sobre ellos son en extremo importantes. Haremos notar aquí que mientras sólo un 10 ó un 15% de las personas que consumen alcohol en forma habitual se vuelven alcohólicas, la casi totalidad de las que consumen cocaína en forma de "crack" se vuelven adictas con conductas patológicas que incluyen suicidios, crisis psicóticas, agresiones y hasta crímenes.

"Uno puede tener el corazón enteramente sano y normal y sin embargo sufrir un ataque cardíaco provocado por la cocaína", decía en 1986 el doctor Allan Ross, cardiólogo Jefe de la Universidad George Washington. Más recientemente (los datos han sido tomados de "Intoxicación mortal por cocaína. Aportación de un caso y revisión de la literatura" de Sanz, Tressera, Roig y Marti, *Revista Española de Drogadependencia*, n. 4, págs. 301-306, 1988) se afirma, según experiencias de laboratorio, que "la cocaína es tres veces más letal que la heroína" y se describe minuciosamente su manera de actuar sobre el corazón, así como las afecciones detectadas (miocarditis eosinófila con infiltrados linfocitarios, infartos recurrentes de miocardio, arritmias y taquicardia). Mi experiencia clínica cotidiana con cocainómanos muestra que por la acción de la droga sobre el equilibrio neuroquímico cerebral se van volviendo paranoicos y agresivos hasta llegar a ser criminosos y psicóticos paranoicos, lo que los lleva, quizá por las modificaciones en la noradrenalina y dopamina cerebrales hacia la a-moralidad típica del cocainómano-paranoico grave. No olvidemos que la cocaína es la droga de los torturadores.

Jandira Masur, de la bibliografía existente, rescata la afirmación de que "la buena salud no es incompatible con el uso regular de opiáceos" hecha por la séptima edición del texto utilizado en los cursos de medicina denominado *Bases farmacológicas de la terapéutica* de Goodman y Gilman. Pero, ¿qué pasa si ese individuo con buena salud por falta de dinero y preso de la necesidad de droga sale a la calle y asalta, tal vez mata, o si utiliza una jeringa sucia y se contagia y/o contagia el SIDA? Una vez más volvamos al principio: no se puede considerar el problema de la droga en sus aspectos parciales sino en su totalidad. De lo contrario se corre el riesgo de desnaturalizarlo.

La violencia, el auge de la producción y el comercio ilícito de drogas, el carácter improvisado que suelen tener muchas veces los que asesoran sobre estos temas a las autoridades, son algunos de los componentes de un panorama poco auspicioso y muy preocupante. Ante este panorama surge una teoría "adaptativista" cuyo razonamiento es aproximadamente el siguiente: hay que legalizar las drogas porque con las drogas legalizadas acabaremos con la delincuencia y la confusión que son propias de la ilegalidad. Me preocupan los científicos que se pasan al "adaptativismo" y claman por "la solución final". Se insinúa que una ley atemperará los efectos destructivos que tienen en el ser humano las drogas hoy ilegales. Estas drogas —marihuana, heroína, cocaína, anfetaminas, ácido lisérgico— tienen efectos directos sobre la biología humana como lo siguen teniendo las drogas legalizadas a pesar de la magia de la ley, tal como lo demuestra Jandira Masur.

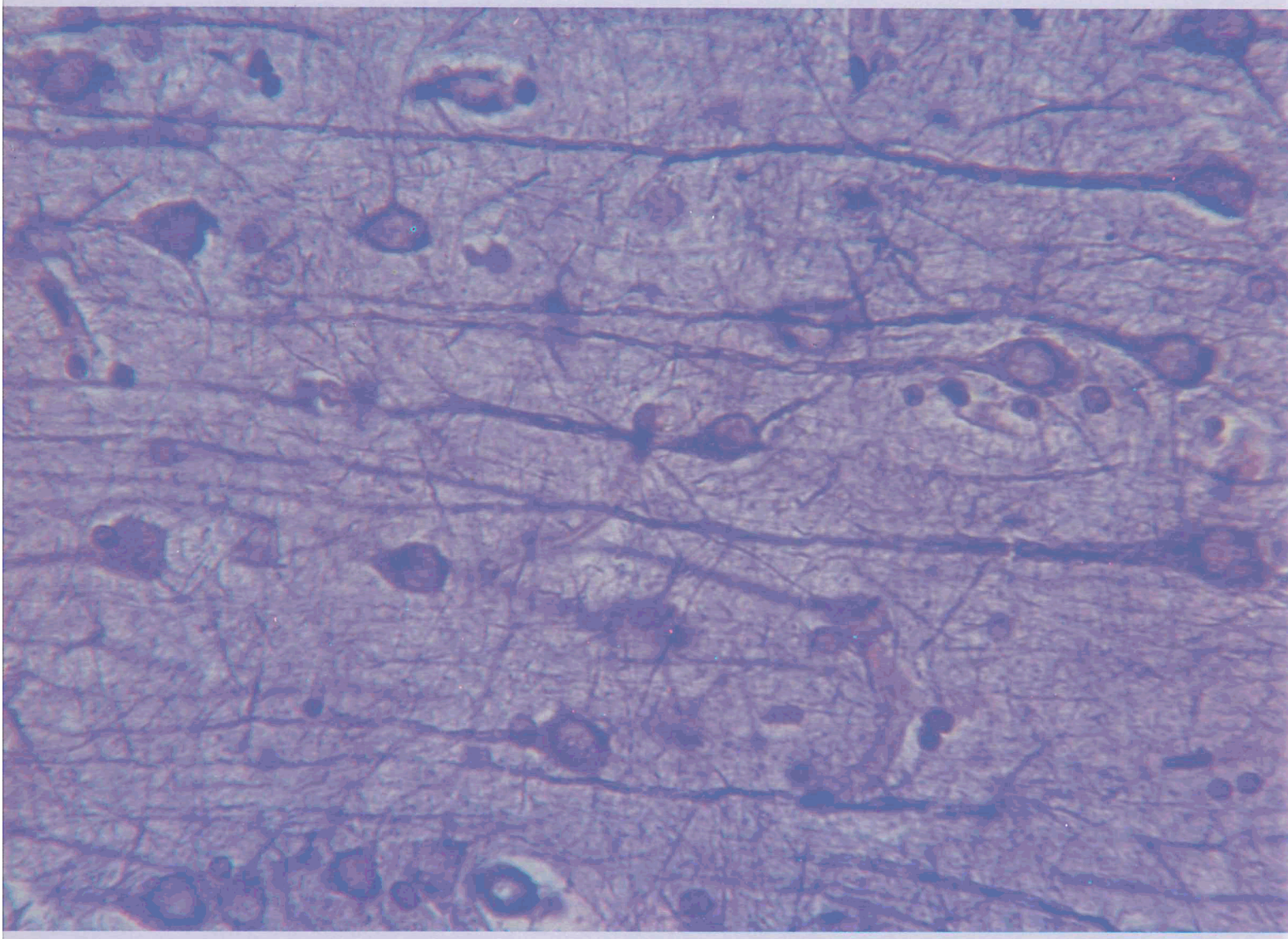
El gran argumento es, por supuesto, que la Ley Seca fracasó en su intento de erradicar el alcoholismo de los Estados Unidos. Ante este razonamiento muchas personas, aun de alto nivel cultural, quedan no sólo sin palabras sino también, muchas veces, convencidas. Pero no se necesita reflexionar demasiado para comprender que las condiciones que llevan a una sociedad a presentar un problema de alcoholismo de la magnitud alcanzada durante aquellos años en los Estados Unidos no puede resolverse por medio de una ley que prohiba el consumo. De hecho, cuando la Ley Seca fue derogada, la situación no se modificó y la salud pública siguió padeciendo.

En Estados Unidos de Norteamérica, España y otros países donde el consumo estuvo prácticamente aceptado ya que las autoridades durante años optaron por hacer la "vista gorda", la experiencia fue desfavorable. El aumento de psicóticos crónicos, de portadores difusores del virus del SIDA, de enfermos y de muertos por esta enfermedad, de accidente de tránsito y trabajo, de patologías cerebrales, cardíacas y pulmonares, eximen de todo comentario pues son resultado y testimonio de una manera errónea de enfrentar el problema.

¿Podría impedir la legalización que los drogadictos anduvieran por las calles ejerciendo violencia para conseguir el dinero que necesitan para comprar droga? Se ha llegado incluso a contemplar la posibilidad de "regalarla" a muchos adictos, es decir que en ciertas condiciones podría aparecer como prácticamente subvencionada por el Estado, o sea por nosotros mismos... ¿Y qué decir de los mafiosos, esos personajes que lucran con la desdicha de los hombres y que de la noche a la mañana pasarían a ser "empresarios honestos", personajes socialmente jerarquizados?

El conocimiento que hoy tenemos acerca de la patología psicopática —nos referimos en especial a los impulsivos asociales— obliga a no ser ingenuos.

Legitimar esta moderna versión de la esclavitud —adicto significa, precisamente, esclavo— es una claudicación intolerable y no debemos aceptarla quienes tenemos una concepción humanista, es decir un profundo amor por la naturaleza, por los otros seres vivos y por todo lo que la ciencia y la tecnología aportan a la vida. ⊙



LA ARQUITECTURA DE LAS NEURONAS

Alfredo Cáceres

Instituto de Investigación Médica
"Mercedes y Martín Ferreyra"

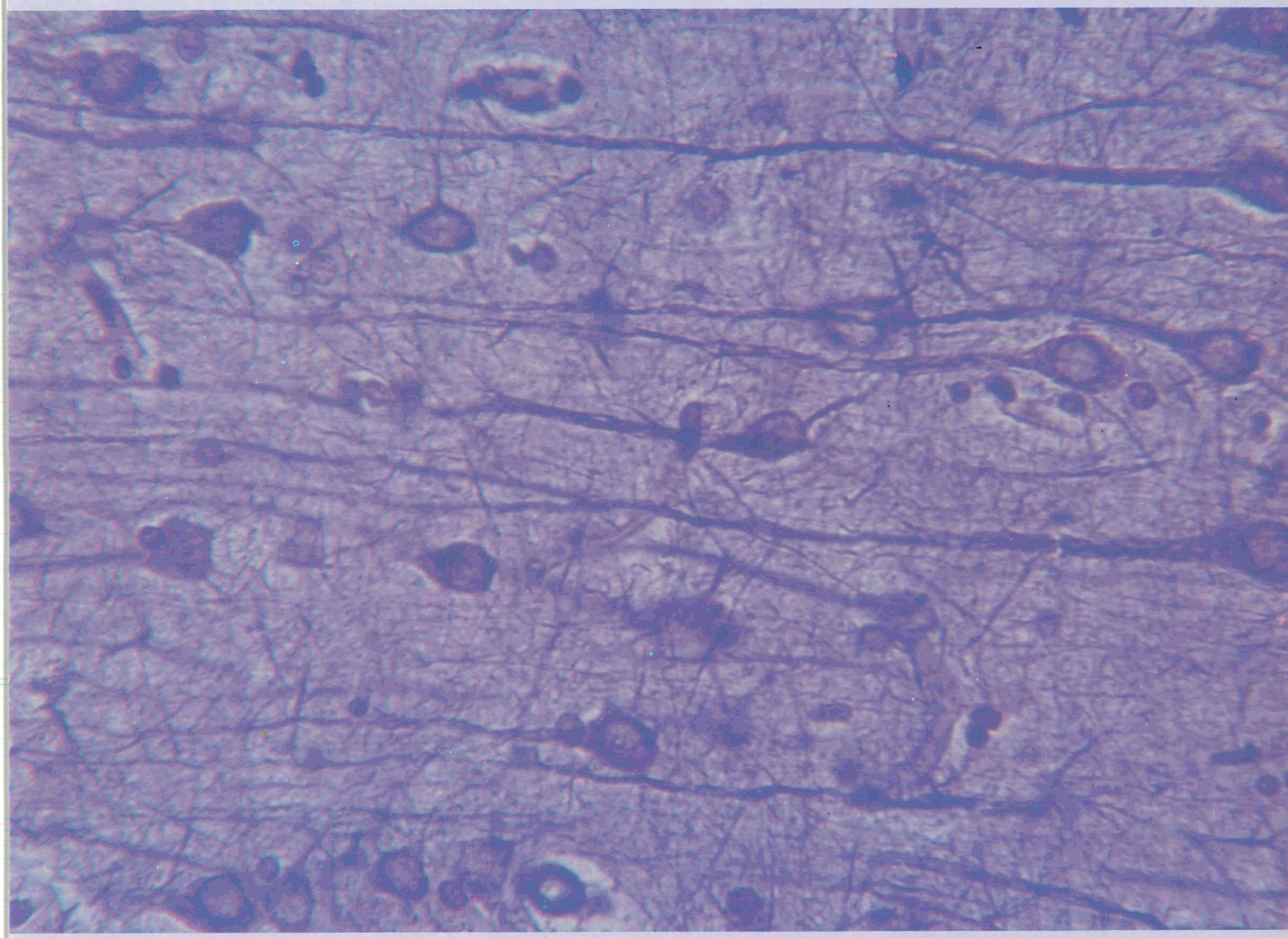
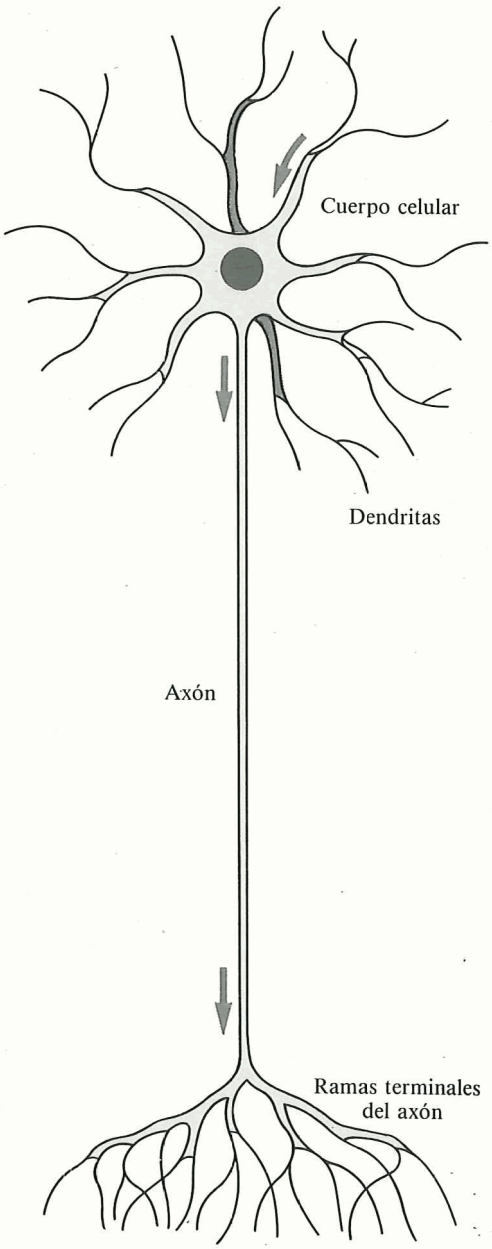
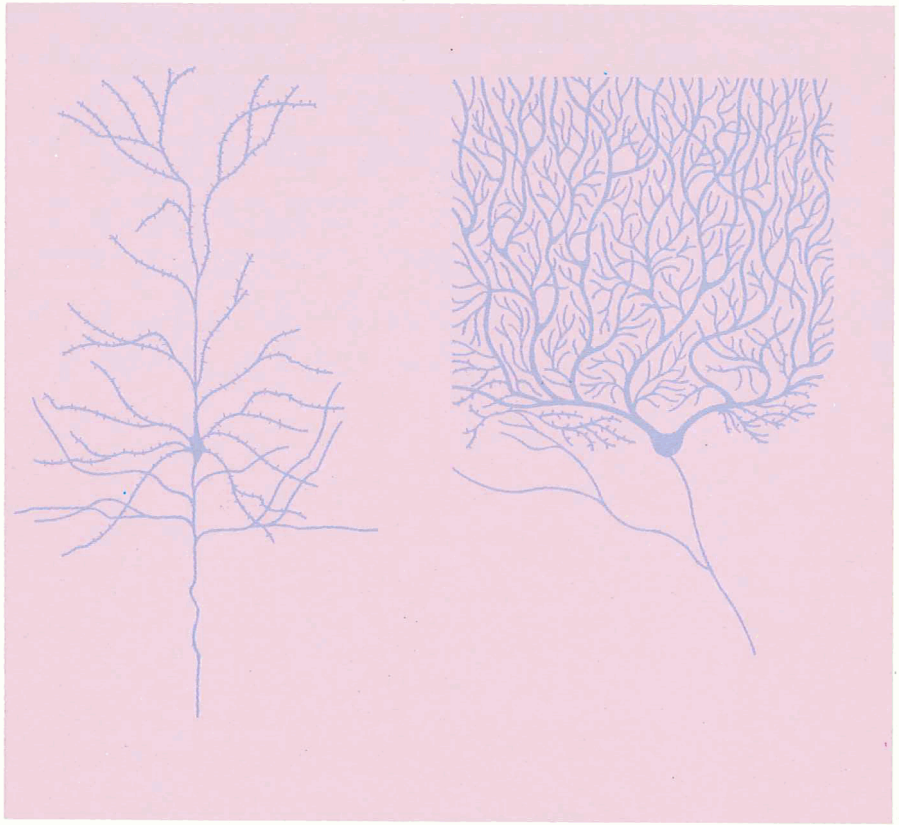


Fig. 1. Neuronas piramidales de cerebro humano. Foto: División Microscopía, Instituto Nacional de Microbiología

Forma y función de las células están, por lo general, estrechamente vinculadas. Las múltiples funciones del sistema nervioso exigen que las neuronas adopten gran variedad de formas. Baste reparar en las intrincadas conexiones necesarias para formar redes capaces de realizar procesamientos de información extremadamente complejos. ¿Cómo adquieren su forma las neuronas? ¿Actúan en su determinación factores endógenos o exógenos? Estos y otros interrogantes, algunos planteados ya a principios de siglo por el neurobiólogo español Santiago Ramón y Cajal, han sido parcialmente aclarados en los últimos años. Las investigaciones actuales acerca del comportamiento de las proteínas que constituyen el citoesqueleto permiten vislumbrar un futuro cercano en el que se logrará el conocimiento acabado de los factores que determinan las formas neuronales.





Dibujos: Francisco Revelli

Figs. 2 y 3. *Izquierda*. Representación esquemática de una neurona. Las flechas indican la dirección en que se trasmite el impulso nervioso. *Arriba*. Dos tipos de neuronas del sistema nervioso central: a) célula de Purkinje; b) célula piramidal de hipocampo.

Uno de los criterios más relevantes para distinguir una célula de otra es la comparación de sus formas. El término forma se refiere habitualmente a la apariencia externa de un objeto con independencia de su contenido y tamaño. Apariencia externa, contenido y tamaño son, sin embargo, elementos esenciales para definir la forma de una célula. Desde un punto de vista biológico celular este concepto implica, entonces, la combinación de la apariencia externa con el complejo arreglo tridimensional de los componentes moleculares. Por esta razón la forma de las células refleja, y en la mayoría de los casos determina, su funcionamiento. Las neuronas, es decir las células del sistema nervioso, no son una excepción a este principio general. De hecho, es en este sistema donde se observa mayor variedad de formas celulares como expresión de la gran diversidad de sus funciones: aprendizaje, memoria, control de los movimientos del organismo, percepción sensorial, control de la secreción hormonal, etc. El estudio de los factores y mecanismos que determinan la forma de las neuronas es, pues, de extrema importancia y sin duda de considerable interés.

Una neurona está formada por distintas regiones citoplasmáticas que poseen una composición molecular y una función propias. Cada una de estas regiones participa en un grupo específico de interacciones celulares sea transmitiendo y recibiendo señales en el nivel sináptico, sea interaccionando con las células gliales que rodean y sostienen a las neuronas. Las prolongaciones citoplasmáticas de las neuronas son regiones características que reciben el nombre genérico de neuritas. Las células nerviosas emiten dos tipos de neuritas, el axón y las dendritas. Los axones (generalmente uno por neurona) son prolongaciones delgadas cuyo diámetro no decrece a medida que se alejan del cuerpo celular; sus ramas se extienden en ángulo recto con respecto a la neurita madre, y en ocasiones son capaces de recorrer grandes distancias antes de llegar a la célula que recibe el estímulo y ejecuta la respuesta: otra neurona, una fibra muscular, una célula glandular, etc. Las dendritas, por el contrario, son prolongaciones gruesas en su origen y delgadas en sus segmentos terminales que se ramifican profusamente según un patrón característico de cada célula nerviosa (véanse figuras 1 y 2).

El axón es el encargado de transmitir las señales generadas en la neurona, mientras que las dendritas reciben las señales originadas en otras células. En el sistema nervioso, este intercambio de información se realiza en el nivel de las sinapsis, en las que intervienen regiones especializadas tanto de los axones como de las dendritas. En el caso de los axones, éstas son los terminales presinápticos y en el de las dendritas, las especializaciones postsinápticas. La cantidad, la apariencia externa y el tamaño de estas microrregiones sinápticas son también características de cada tipo neuronal.

¿Cuáles son las causas que determinan la forma propia de cada neurona? Existen al respecto dos posibilidades consideradas ya a principios de siglo por el notable neurobiólogo español Santiago Ramón y Cajal. Una es que la forma de la neurona esté determinada por factores genéticos; la otra que sean factores epigenéticos los que determinen dicha forma. Durante los últimos veinte años se ha podido establecer con claridad que tanto los factores genéticos o endógenos como los epigenéticos o ambien-

tales son importantes para determinar el desarrollo de axones y dendritas y para definir, por lo tanto, la arquitectura neuronal.

Dos tipos de evidencias experimentales han sugerido la existencia de factores endógenos como determinantes de la formación de neuritas. Los estudios de Frank Solomon en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), EE.UU., demostraron que las células de un tumor neuronal, todas ellas descendientes de una única célula madre, producen neuritas de forma idéntica a la de la célula original. Este fenómeno indica claramente que la información responsable de la forma es transmitida hereditariamente y que por lo tanto debe encontrarse en alguna de las proteínas de estas células. Más recientemente, Gary Banker en el Departamento de Anatomía del Albany Medical College en EE.UU. y el autor de este artículo mantuvieron neuronas de corteza cerebral de embriones en cultivos lo suficientemente diluidos como para que no hubiera contacto físico entre célula y célula. Estas neuronas extendieron axones y dendritas considerablemente semejantes a los que muestran las mismas células cuando se desarrollan en su ambiente natural. Ambos hechos sugieren que las causas primarias de la forma son endógenas y no dependen de factores epigenéticos.

El conocimiento de la naturaleza de los factores endógenos ha motivado numerosas investigaciones que se han desarrollado en su mayoría en los últimos diez años. Ellas han permitido obtener considerable información sobre la maquinaria celular responsable de las formas de las neuronas. Los estudios indican claramente que un sistema de fibrillas compuesto por gran variedad de proteínas que se encuentra en el citoplasma de la célula, el citoesqueleto, es el elemento clave involucrado en la formación de axones y dendritas. Los componentes del citoesqueleto están organizados de una manera altamente coincidente con la apariencia externa de la célula y, lo que es aún más significativo, ciertos agentes capaces de modificar su organización tridimensional producen también importantes alteraciones en la forma neuronal. Se evidencia así una relación directa entre los cambios de forma y la distribución espacial de los elementos del citoesqueleto cuya evolución paralela puede seguirse ya sea durante el desarrollo normal de la célula (la transformación de sus neuritas en axón y dendritas), ya sea cuando el mismo se altera por diversas causas.

Los resultados experimentales obtenidos han dado lugar a la idea de que las neuronas generan sus axones y dendritas creando en su interior regiones estructurales diferentes formadas por un grupo particular de proteínas del citoesqueleto que les sirven de armazón. ¿Cuáles son estas proteínas? Desde hace varios años nuestro grupo de trabajo está interesado en su determinación.

El citoesqueleto está formado por tres grupos básicos de elementos fibrilares que se distinguen entre sí por su diámetro y composición molecular: los microtúbulos, los filamentos intermedios o neurofilamentos y los microfilamentos. Los microtúbulos (MT) parecen ser los que juegan un papel más importante para determinar la formación de axones y dendritas. Esta apreciación se origina en observaciones microscópicas que muestran que los MT son elementos característicos de las neuritas (axones y dendritas) de todas las neuronas del sistema nervioso; más aún, recientes estudios ultraestructurales muy detallados de neuronas en desarrollo han llegado a la conclusión de que la mayoría de los cambios de forma observados durante el crecimiento de las neuritas están asociados a la formación de MT.

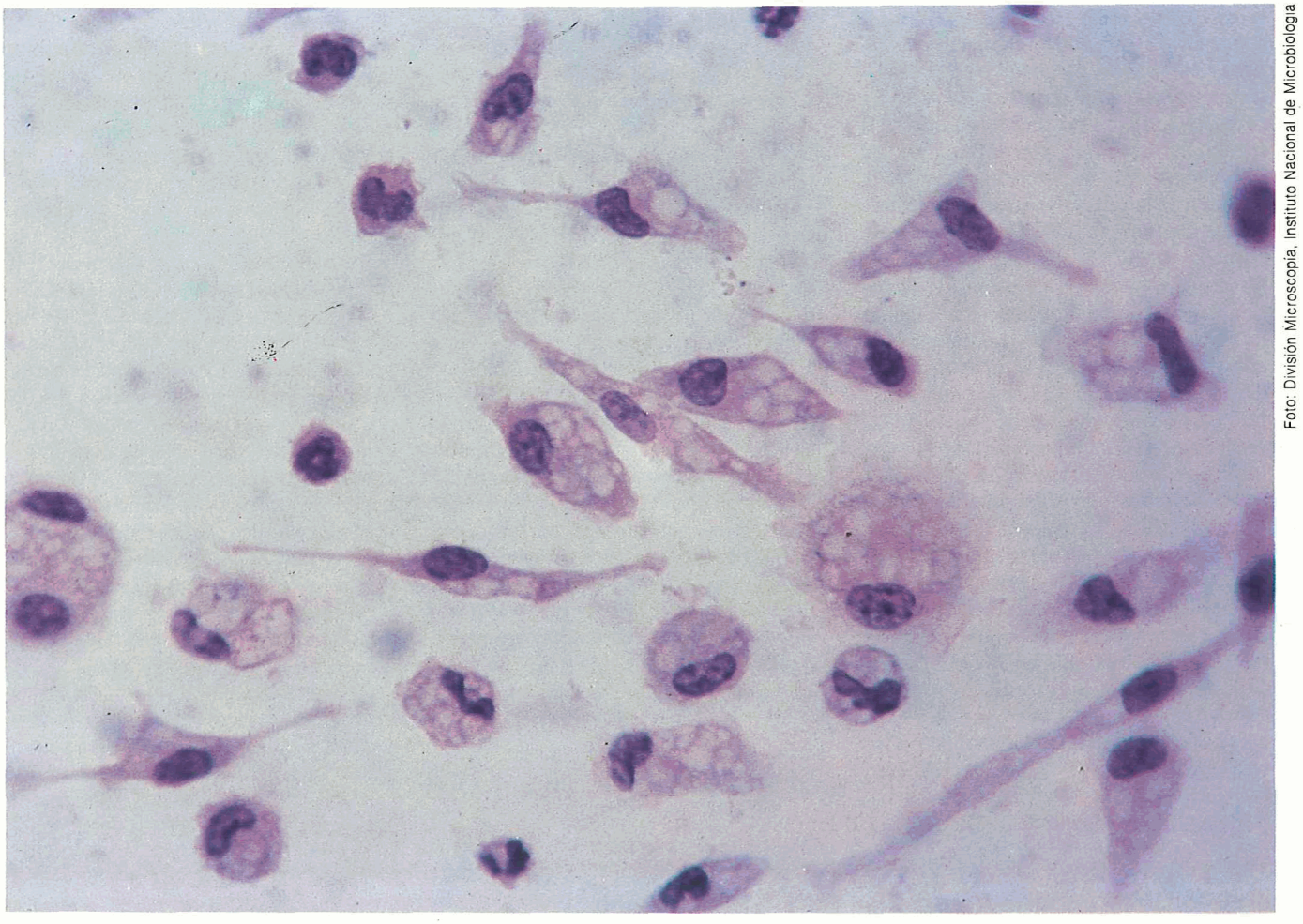


Foto: División Microscopía, Instituto Nacional de Microbiología

Fig. 4. Células nerviosas no neuronales (astrocitos) de embrión de cobayo.

Estas observaciones están de acuerdo con estudios farmacológicos realizados utilizando drogas que desarman (depolimerizan) los MT; los trabajos indican que la preservación de la integridad microtubular es esencial para el desarrollo y mantenimiento de las neuritas.

La pregunta fundamental que surge en relación con estas observaciones es qué tipo de información proveen los MT a las neuronas para determinar en cada momento de su existencia la forma característica de las neuritas. La respuesta se encuentra en la organización tridimensional de los MT, y en cómo esta organización varía con el tiempo. Los MT están formados por moléculas de una proteína denominada tubulina; existen dos tipos de tubulina (alfa y beta) que se unen para formar un dímero (molécula doble) (véase figura 3). Estos dímeros en determinadas condiciones son capaces de asociarse a otros para formar una cadena de muchos eslabones (polímeros) que es el MT. El fenómeno se conoce como polimerización o ensamblado microtubular. La capacidad que tienen las moléculas de tubulina para ensamblarse espontáneamente es muy pobre; sin embargo la formación del polímero se acelera enormemente en presencia de las llamadas proteínas asociadas a microtúbulos o MAPs (Microtubule Associated Proteins). Además, en contacto con estas proteínas, algunos MT se estabilizan, lo que se manifiesta por su resistencia a sustancias depolimerizantes, a bajas temperaturas y a la presencia de iones como, por ejemplo, los de calcio (véase figura 2).

Ya que son capaces de promover el ensamblado y la estabilidad microtubular, se ha pensado que las MAPs podrían ser las encargadas de regular la formación de MT durante el desarrollo de axones y dendritas. En favor de esta idea varios grupos de investigación, incluido el nuestro, han demostrado que durante el desarrollo neuronal el cerebro contiene mayor cantidad de MAPs. Además, mediante el empleo de técnicas inmunocitoquímicas, hemos demostrado que la aparición de MAPs neuronales ocurre exactamente en el momento en que las células comienzan a extender axones y dendritas. Utilizando neuronas mantenidas en cultivo, nuestro grupo de investigación ha podido establecer que la aparición de MT y neuritas en neuronas en desarrollo de corteza cerebral y cerebelo está estrechamente correlacionada con el incremento en el tiempo de un tipo particular de MAPs llamada MAP-2. Más aún, en condiciones experimentales que resultan en un incremento masivo de los niveles intracelulares de esta proteína, se verifica un gran aumento en el número de MT y en la longitud de las neuritas.

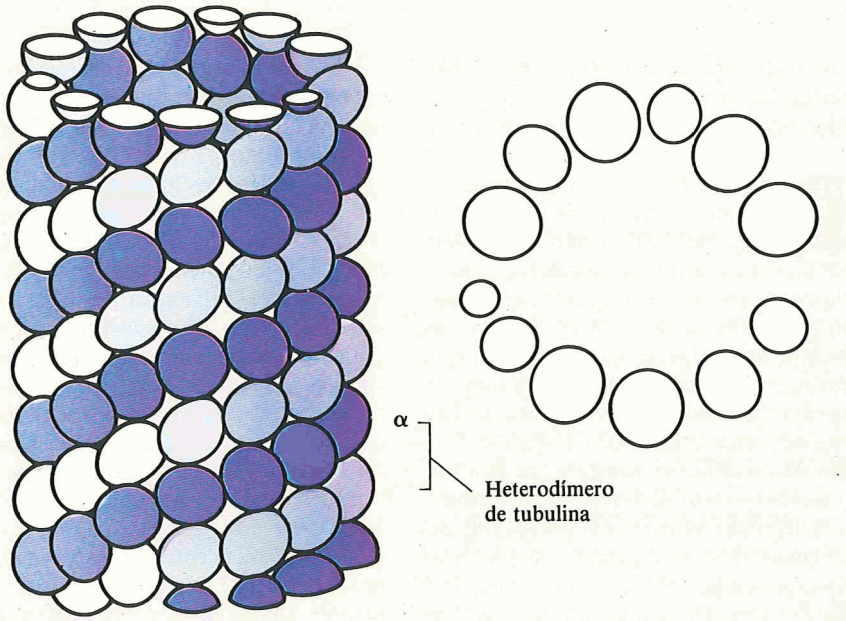


Fig. 5. Estructura tridimensional de un microtúbulo.

NEURONAS EN CULTIVO

Se sabe ahora que los microtúbulos cumplen un papel fundamental durante la diferenciación y crecimiento de axones y dendritas, las prolongaciones características de las células nerviosas. Evidencias experimentales señalan, además, que las proteínas asociadas a microtúbulos (MAPs) regulan el ensamblado y la estabilidad de estos polímeros de tubulina. El estudio de las funciones que las MAPs desempeñan durante el desarrollo axonal y dendrítico requiere el cultivo de neuronas en medios artificiales con el objeto de analizar todas las fases de su desarrollo y de medir la masa de tubulina ensamblada (polimérica) libre de tubulina soluble. Sobre neuronas en cultivo es posible aplicar procedimientos de extracción con detergentes no iónicos (Triton X-100) que disuelven las células pero preservan sus estructuras fibrosas permitiendo obtener así una preparación de citoesqueleto.

Nuestro grupo de investigación ha trabajado con cultivos de macroneuronas del cerebelo de embrión de rata obtenidas a los 15 días de gestación para estudiar la relación que existe entre:

(1) el desarrollo axonal y dendrítico,

(2) la dinámica de ensamblado microtubular y

(3) la expresión de las proteínas microtubulares.

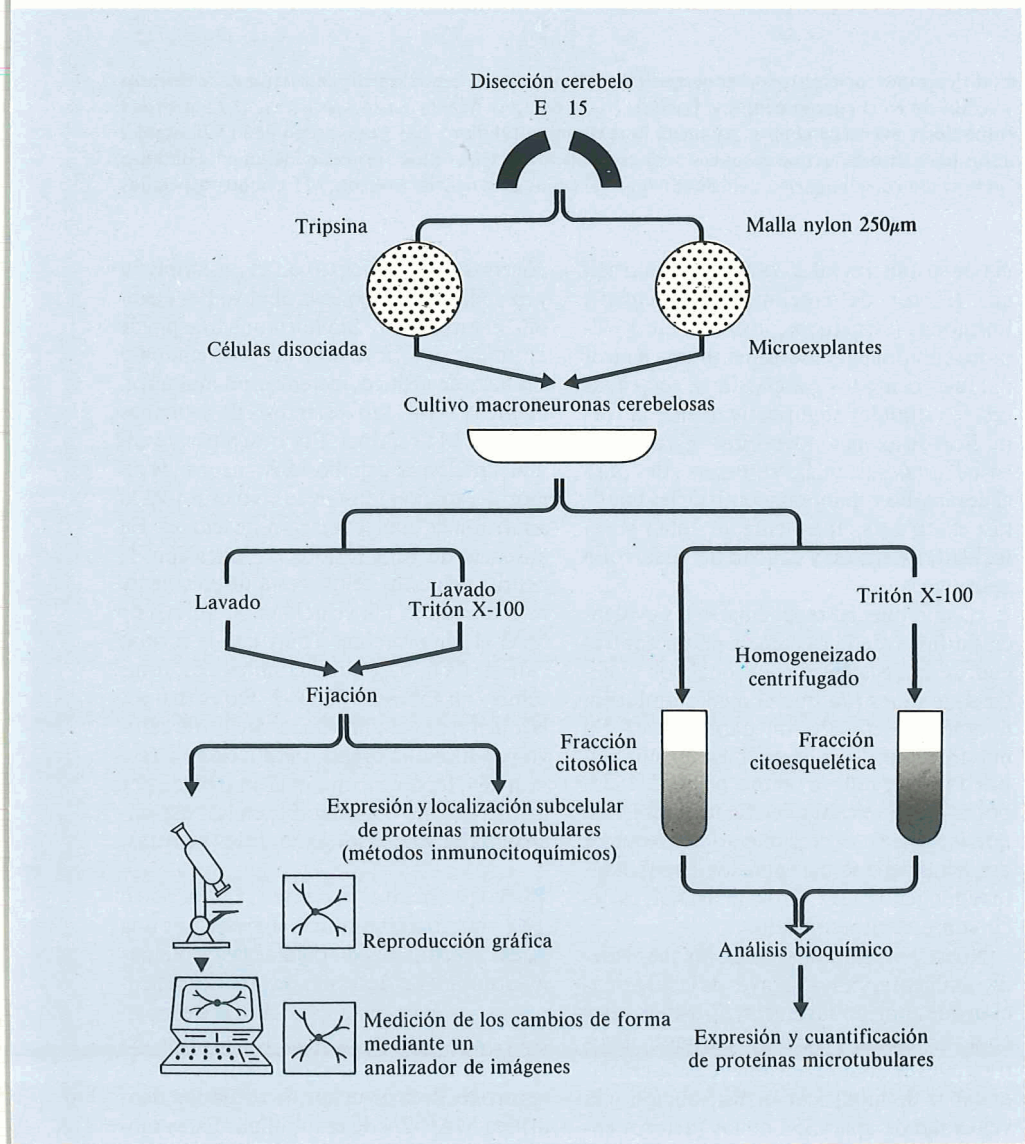
El gráfico esquematiza las distintas técnicas utilizadas para realizar estos estudios. Obtenido el tejido cerebeloso, éste se incuba con tripsina (enzima que destruye las proteínas extracelulares) para disociarlo en neuronas individuales, o es sembrado en forma de "microexplantos" (grupos de 20 a 50 neuronas) para lo cual se lo fuerza a través de una malla de nylon de 250 μm. Una vez que el cultivo alcanza el desarrollo deseado se lo utiliza para la realización de dos tipos de experimentos. En uno, los cultivos son lavados con Triton X-100 (preparación de citoesqueleto) o sin él y fijados para obtener información sobre la expresión y localización de las proteínas microtubulares. Se utilizan con este fin anticuerpos monoclonales dirigidos a la proteína estudiada en cada caso (inmunocitoquímica). Este material también se utiliza para medir la forma de las neuronas (morfometría) y obtener curvas de crecimiento axonal y dendrítico durante el desarrollo de las neuronas en cultivo.

En el otro tipo de análisis se utilizan técnicas bioquímicas. Los cultivos son tratados con Triton X-100 (fracción citoesquelética) o directamente homogeneizados (fracción citosólica) y centrifugados. Este material se utiliza para la realización de inmunoensayos cuantitativos cuyos resultados permiten correlacionar la masa total de tubulina y de MAPs y la masa polimérica de tubulina y de MAPs con los datos sobre el crecimiento axonal y dendrítico que se logran mediante el análisis morfométrico.

Otro tipo de proteína asociada llamada MAP-1_a tendría un papel similar pero restringido a la formación de MT dendríticos.

Nuestras observaciones muestran también que la estabilidad microtubular está íntimamente relacionada con la estabilidad neurítica. Así, agentes que inhiben la formación de microtúbulos y producen la retracción de axones y dendritas (colchicina o nocodazole, por ejemplo) son más efectivos en neuronas en desarrollo que en neuronas maduras; esta diferencia se debe a que las neuritas de células bien desarrolladas tienen MT resistentes a la colchicina, mientras que en células jóvenes estos MT están ausentes o son muy escasos. La presencia de un grupo particular de MAPs, las proteínas Tau, es en gran medida responsable del desarrollo de la estabilidad microtubular en las neuronas. Estas proteínas están preferentemente asociadas a MT estables y además cuando son inyectadas en la célula inducen un drástico incremento en la estabilidad microtubular.

Debe señalarse, sin embargo, que la acción de las MAPs sobre la formación de los MT es insuficiente para explicar el papel de éstos en el complejo fenómeno de morfogénesis neuronal. Será interesante recorrer aquí, a modo de ejemplo, el camino seguido por los investigadores: si los MT participan activamente en la formación de axones y dendritas debe existir en ellos algún detalle molecular que les permita diferenciarse en MT axonales y MT dentríticos. ¿Qué elemento ejerce dicha función? Las proteínas MAPs parecerían reunir las condiciones ideales para desempeñarla ya que en neuronas maduras se observa una preferente asociación de MAP-1 y MAP-2 a MT dendríticos, y de proteínas Tau a MT axonales. Por esta razón se pensó que si la distribución de las diferentes MAPs ocurriera suficientemente temprano en el desarrollo neuronal, ellas podrían contribuir a la distribución selectiva de los MT y originar a través de esto la diferenciación de axones y dendritas. Sin embargo, estudios llevados a cabo en el ya mencionado laboratorio de Gary Banker y en el nuestro demuestran que esta idea no es correcta, porque la distribución citoplasmática de las MAPs ocurre tiempo después de que se haya producido la diferenciación morfológica en axones y dendritas.



Experimentos recientes sugieren que la información necesaria para la segregación espacial de los MT neuronales estaría asociada, y eventualmente determinada, por la propia molécula de la tubulina. Este fenómeno se relacionaría con cambios llamados post-translacionales que la tubulina sufre después de su síntesis, y que consisten en la adición o sustracción del aminoácido tirosina a su molécula (tirosinación/detirosinación), o de algún otro tipo de cambio químico (metilación, acetilación, fosforilación). Las modificaciones post-translacionales de la tubulina pueden generar microtúbulos con distinta estabilidad y diferente distribución intracelular. Así, en células no polarizadas —o simétricas— predominan los MT inestables, mientras que en células que responden a cambios de forma prevalecen los estables.

La estabilización selectiva de MT ha sido propuesta por M. Kirchner y T. Mitchinson del Departamento de Biofísica de la Universidad de California en San Francisco, EE.UU., como un mecanismo general para explicar la morfogénesis. De acuerdo con esta hipótesis, una célula en ausencia de estímulos morfogenéticos polimeriza MT inestables al azar en todas direcciones. Una señal morfogenética produciría un cambio molecular capaz de incrementar la estabilidad de algunos MT, lo que daría lugar a la elongación de una porción del citoplasma celular o, en el caso de las neuronas, a la extensión de una neurita. Para que esta estabilización se exprese en un cambio de forma permanente debería darse, en el momento preciso, una diferenciación post-translacional de la tubulina.

Un ejemplo ilustrará esta cuestión. En nuestro laboratorio, Adriana Ferreira ha estudiado el desarrollo de neuronas de corteza cerebral o de cerebelo mantenidas en cultivo. Durante el primer día, las células emiten tres o cuatro neuritas cortas de idéntica forma; en las horas siguientes una de ellas se alarga considerablemente formando un axón. La transformación de una neurita en axón aparentemente impide que las otras neuritas se conviertan en axones, y permite que ellas se diferencien como dendritas. El cambio de una neurita indiferenciada en axón y el inicio de su rápida elongación, están precedidos y acompañados de la aparición de un grupo de MT estables localizados exclusivamente en dicha neurita. A su vez las dendritas que aparecen luego de la diferenciación axonal expresan MT estables

Fig. 6. Cambios de forma del axón y las dendritas, y modificaciones correlativas del citoesqueleto. 1) la neurona extiende lamelipodias ricas en filamentos de actina (naranja); los escasos MT son inestables y se ubican en el cuerpo neuronal (verde). No se detectan MAPs neuroespecíficas. 2) La neurona extiende "procesos menores" donde coexisten microtúbulos y microfilamentos. Aumenta la masa microtubular y hay predominio de MT inestables en la región perinuclear (magenta). Concentración de los filamentos de actina en los conos de crecimiento. 3) Uno de los "procesos menores" estabiliza su estructura y comienza un período de crecimiento polarizado con elongación neta dando lugar al axón. Esta neurita presenta MT estables asociados a proteínas Tau.

cuando inician su fase de rápida elongación. La figura 4 es un esquema provisorio de los fenómenos moleculares que podrían determinar la formación y diferenciación de MT durante el desarrollo y la diferenciación de axones y dendritas.

Numerosas líneas de investigación han demostrado que el medio que rodea a las neuronas juega un importante papel para determinar la forma de axones y dendritas. La ramificación dendrítica, por ejemplo, parece resultar de la interacción entre las dentritas en crecimiento y los axones de otras células que entran en contacto con ellas. Esto está comprobado por los efectos que resultan de la interrupción de dichos contactos. Cuando las conexiones se cortan experimentalmente, el tamaño y la orientación de las ramificaciones dendríticas se reducen de manera significativa; más aún, parece ser que las dendritas sólo se ramifican en sitios en donde establecen contacto con los axones de otras células. Por otra parte, las características de la zona terminal de un axón son reguladas por el tamaño y el número de células que el axón inerva. Existen evidencias adicionales en favor de la idea de que las señales ambientales juegan un papel fundamental en la determinación del crecimiento neurítico. La presencia de sustancias tales como factores tróficos (factor de crecimiento nervioso), hormonas (estrógenos, insulina, etc.) y lípidos componentes de la membrana neuronal tales como los gangliósidos, son capaces de estimular significativamente la formación de axones y dendritas. En algunos casos, estas sustancias son esenciales para el desarrollo y mantenimiento de las neuritas; en otros, simplemente modulan la velocidad, extensión y calidad del desarrollo neurítico.

¿Cómo pueden reconciliarse las evidencias a favor de la existencia de un control endógeno de la forma neuronal con aquellas que muestran que el medio ambiente también desempeña un papel clave? En nuestro laboratorio hemos buscado una respuesta a este interrogante a partir de la hipótesis de que cualquier factor ambiental que influya en el crecimiento de axones y dendritas debe actuar sobre los determinantes endógenos de la forma neuronal, es decir sobre el citoesqueleto.

Nuestros resultados muestran que el medio ambiente, ya sea a través de la información que aportan sustancias difusibles tales como hormonas y factores neuronotróficos o a través de las interacciones célula-célula, es capaz de modificar la distribución y la velocidad de aparición de los factores endógenos que participan en el ensamblado y estabilidad de los microtúbulos. Por ejemplo, el estrógeno, una hormona que puede estimular significativamente el crecimiento axonal y dendrítico, incrementa simultáneamente la velocidad de síntesis de proteínas Tau y de MT estables. Por otra parte, la administración de gangliósidos a neuronas tumorales mantenidas en cultivo estimula la aparición de numerosas ramificaciones. En ausencia de gangliósidos, la extensión de neuritas en estas células está directamente relacionada con la velocidad de síntesis de MAP-1, de proteínas Tau y con la formación de MT; bajo tales condiciones, estas células no fabrican MAP-2. Sin embargo, la adición de gangliósidos al medio de cultivo produce una drástica inducción de esta proteína, fenómeno que es acompañado por un incremento considerable en la masa microtubular y en la longitud de las neuritas.

Experimentos recientes realizados en nuestro laboratorio sugieren que una neurona puede regular las proteínas microtubulares de las dendritas de otra neurona a través de la sinapsis. Así, la denervación parcial de las células de Purkinje del cerebelo produce una significativa caída de los niveles de la proteína microtubular dendrítica MAP-2 y de la tubulina. Estas mo-

dificaciones ocurren simultáneamente con varias de las alteraciones estructurales que caracterizan la respuesta de las células de Purkinje a la pérdida sufrida. Tanto las modificaciones en las proteínas microtubulares como las alteraciones estructurales de las dendritas son reversibles: desaparecen a medida que la neurona se reinerva. Fenómenos similares han sido detectados en neuronas de otras regiones del sistema nervioso luego de denervaciones parciales. Todas estas observaciones muestran que el citoesqueleto de las dendritas y en particular los MT, cambian dinámicamente en respuesta a perturbaciones del ambiente sináptico.

Cuando un área del cerebro se lesiona, los axones intactos vecinos a dicha área emiten en algunas regiones brotes neuríticos que reinervan las neuronas que han perdido sus conexiones. Este crecimiento neurítico reactivo está precedido y acompañado de un aumento selectivo en un grupo particular de proteínas Tau, designadas como Tau *d* y *e*. La inducción de estas proteínas parece depender de señales ambientales generadas en el sitio de la lesión. Es interesante destacar que estas formas de proteínas Tau son especies que han sufrido modificaciones post-translacionales y que se caracterizan por su gran eficacia para promover el ensamblado y la estabilidad microtubular.

Las investigaciones realizadas durante los últimos diez años nos han permitido establecer que la forma de las células nerviosas es la expresión de una compleja organización en el espacio y en el tiempo de los elementos de su citoesqueleto, y en particular de sus MT. La regulación del ensamblado microtubular es, pues, un elemento clave para el crecimiento de axones y dendritas y está íntimamente relacionado con la presencia de factores que promueven su polimerización y/o estabilización, proteínas microtubulares (MAPs), y con la modificaciones post-translacionales de la tubulina. Actuando sobre estos mecanismos, las señales ambientales pueden regular la magnitud y calidad del crecimiento neurítico.

Muchos son aún los interrogantes. Sería importante determinar si existe una correlación estrecha entre los patrones de ramificación neurítica de células diferentes y sus patrones de organización microtubular; cuáles son las señales (endógenas o exógenas) que inician la sucesión de eventos que resultan en la estabilización selectiva de un grupo de MT; cuáles son las señales que activan los genes que codifican para las diferentes MAPs y las moléculas de tubulina; qué factores determinan la formación de las especializaciones regionales dentro de los axones o dendritas vinculados a la sinapsis, etc. El considerable avance logrado en el conocimiento de la biología de los MT neuronales, así como también la incorporación de nuevas metodologías abren la promisoria perspectiva de que en un futuro próximo se obtendrá un conocimiento detallado de los mecanismos que determinan la formación de axones y dendritas. Esto será de fundamental importancia no sólo para el estudio del desarrollo normal del sistema nervioso, sino también para entender su función, y el porqué de su limitada capacidad regenerativa. ⊙

Foto del Autor

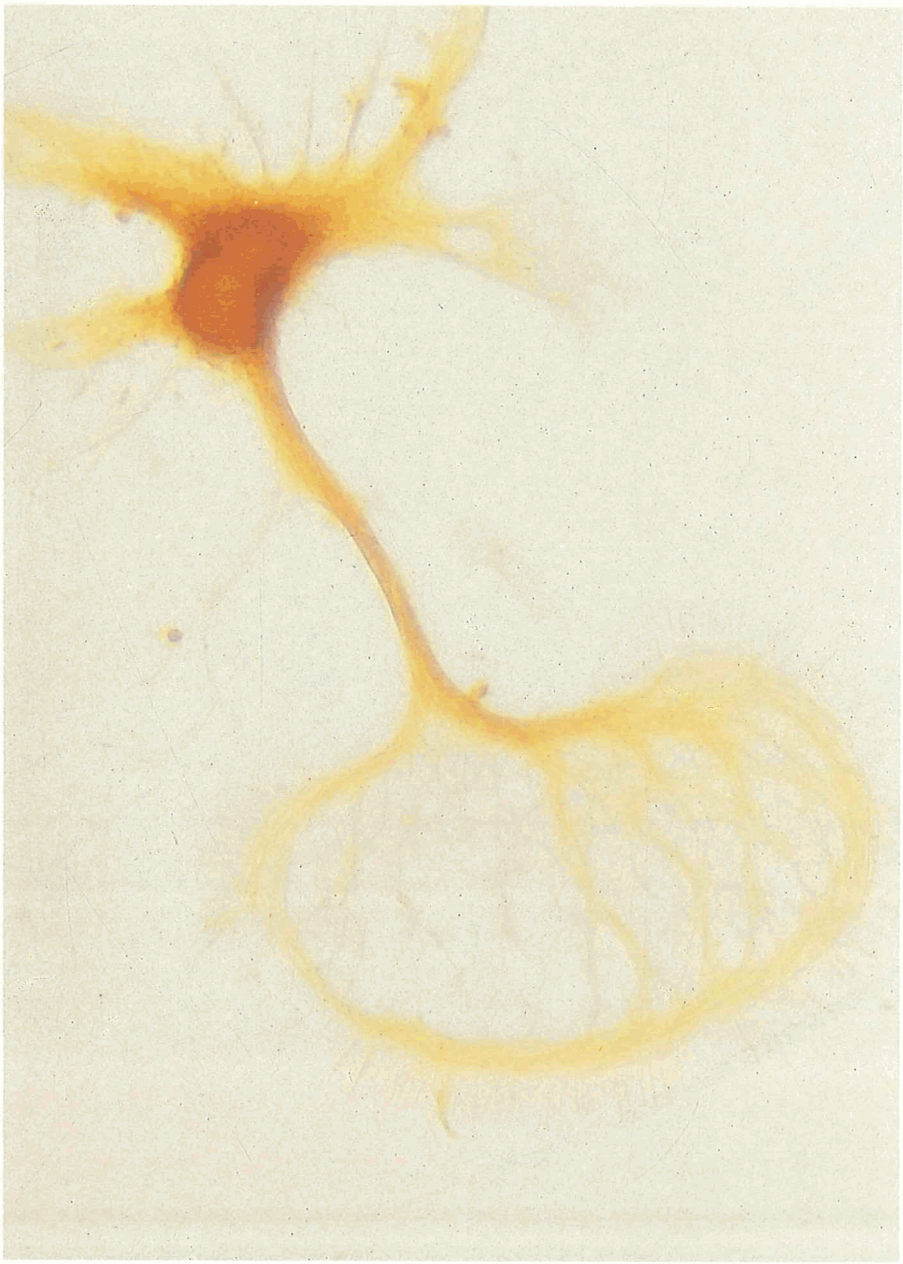


Fig. 7. Neurona en cultivo.

LECTURAS SUGERIDAS

CÁCERES, A., BANKER, G. y BINDER, L. (1984). "Differential subcellular localization of tubulin and the microtubule-associated protein (MAP-2) in brain tissue as revealed by immunocytochemistry with monoclonal hybridoma antibodies", *Journal of Neuroscience, 4* (2): 394-410.

BINDER, L., FRANKFURTER, A., KIM, H., CÁCERES, A., PAYNE, M. y REBHÜM, L. (1984). "Heterogeneity of microtubule-associated protein 2 during rat brain development", *Proceedings of the National Academy of Sciences* (USA), 81: 5613-5617.

CÁCERES, A. y DOTTI, C. (1985). "Immunocytochemical localization of tubulin and microtubule-associated protein 2 in Purkinje cells deprived of climbing fibers", *Neuroscience, 16:* 133-150.

BUSCIGLIO, J., FERREIRA, A., STEWART, O. y CÁCERES, A. (1987). "An immunocytochemical and biochemical analysis of the microtubule-associated protein Tau during post-lesion afferent reorganization in the hippocampus of adult rats", *Brain Research, 419:* 244-252.

KIRCHNER, M. y MITCHINSON, T. (1986). "Beyond self assembly: from microtubules to morphogenesis", *Cell 45:* 329-342.

MATUS, A. (1988). "Microtubule-associated proteins: their potential role in determining neuronal morphology", *Annual Review of Neuroscience, 11:* 125-144.

¿Y ESTO POR QUÉ SE ROMPIÓ?

José R. Galvele
Departamento de Materiales
Comisión Nacional de Energía Atómica

La rotura en forma inesperada de ciertos materiales por acción del medio ambiente es un problema que, pese a haber afectado a la tecnología desde la Edad del Bronce y haber alcanzado un nivel crítico en el transcurso del último siglo, aún no tiene explicación científica satisfactoria. En tiempos modernos afectó gravemente a las primeras calderas de vapor y volvió a presentarse en posteriores avances tecnológicos, incluyendo al proyecto Apolo, que llevó al hombre a la Luna. Causó fisuras en componentes de la central nuclear Atucha, estuvo a punto de provocar el derrumbe de un importante viaducto en Río de Janeiro y prosigue originando serios perjuicios en ámbitos de la ingeniería aeroespacial, nuclear, civil, petrolera. Los estudios teóricos llevados a cabo por equipos de físicos, químicos y metalurgistas no han dado hasta el momento los resultados esperados y por ello no es posible todavía predecir nuevos casos de fallas. Sin embargo, ciertos trabajos que actualmente se desarrollan en la Argentina se presentan como muy promisorios al respecto.

Adquirimos empíricamente la idea de fragilidad como resultado del uso de materiales tales como vidrios o porcelanas. Si tomamos un objeto de vidrio que se haya partido en dos y unimos ambas partes, veremos que el conjunto tiene las mismas dimensiones que antes de romperse. A fin de cuantificar el fenómeno, se define como material *frágil* a aquél que se rompe sin deformarse previamente. El uso de materiales como el plomo o la plastilina conduce a la idea de ductilidad. Por contraste con la descripción anterior, se define como material *dúctil* al que se deforma plásticamente antes de romperse.

La experiencia cotidiana nos enseña que debemos tratar con mucho cuidado los materiales frágiles. Cuando se trata de calderas, aviones, gasoductos, centrales nucleares, turbinas, implantes para el cuerpo humano, puentes, viaductos y en general todo componente, equipo o estructura que esté expuesto a esfuerzos mecánicos, sus constructores, operadores y usuarios evitan los materiales frágiles. La razón de este rechazo es muy simple. El uso de materiales dúctiles asegura que habrá deformación antes que se produzca la rotura. Esto hace posible que se puedan tomar medidas de protección para prevenir daños irreparables.

El problema aparece cuando, habiendo elegido un material dúctil, nos encontramos inesperadamente con que éste, por acción del medio ambiente, se ha comportado en forma frágil. El fenómeno ha tomado numerosos nombres en la literatura técnico-científica, tales como "corrosión bajo tensión", "fragilización por hidrógeno", "fragilización por metales líquidos". Actualmente, dada la similitud de estos procesos, se los reúne bajo el nombre genérico de "fragilización por el medio ambiente". En el presente artículo se utilizarán indistintamente esta denominación o la de "corrosión bajo tensión".

Carlos Silva, "ITL". Museo de Arte Moderno, Buenos Aires. Foto: Andrés Barragán

Todos nosotros, en alguna oportunidad, tuvimos en nuestras manos un alambre de hierro común, del que se usa en cercos, en alambradas, en la fabricación de clavos y en infinidad de aplicaciones domésticas. Sabemos, por experiencia propia, que este metal puede ser deformado extensamente y no dudaríamos en clasificarlo como un material dúctil.

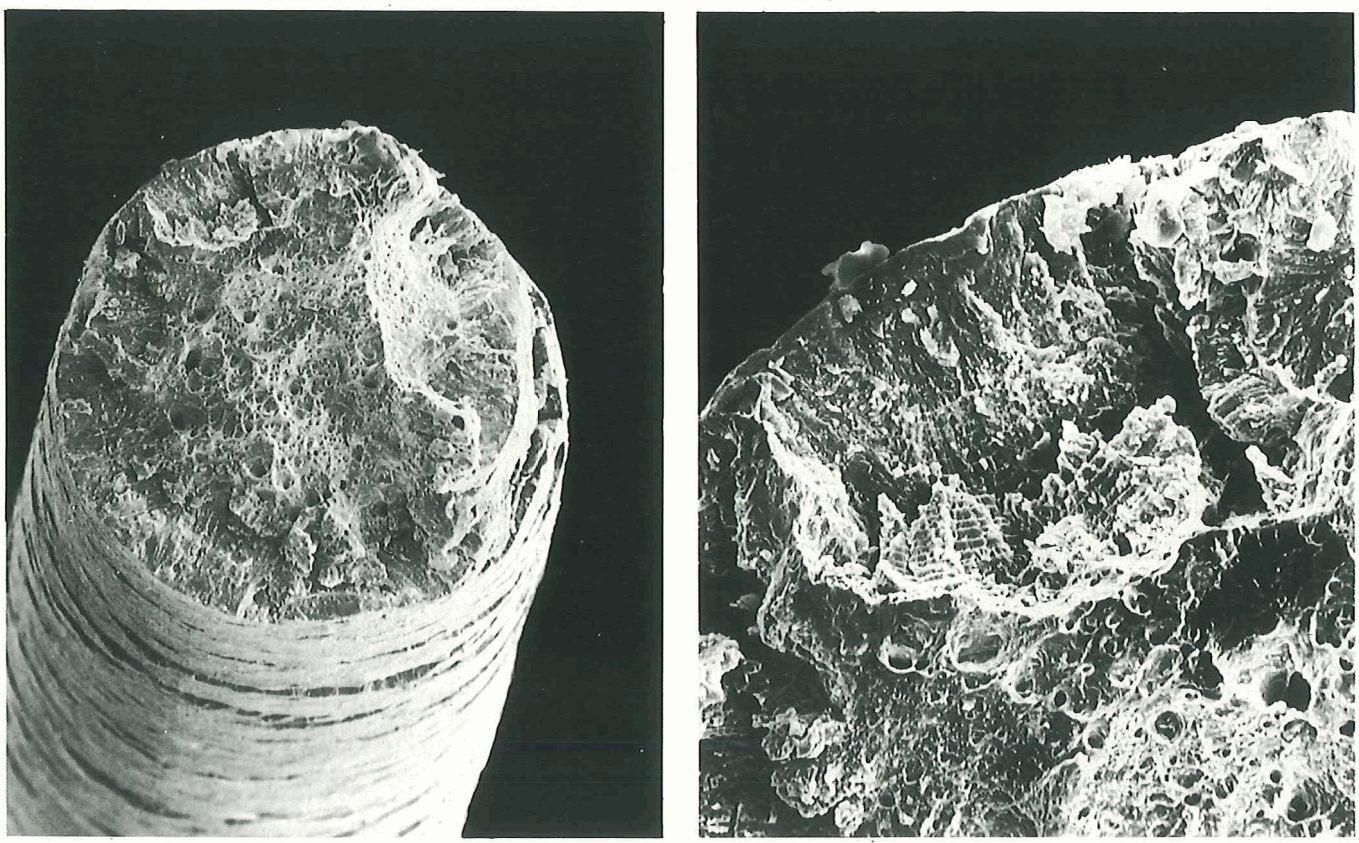
Difícilmente estuvieron tan seguros de la ductilidad del hierro los operadores de calderas de vapor de fines del siglo pasado. La revista *Scientific American* de marzo de 1881 informa que, según los registros de la Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Company, en 1880 explotaron en los Estados Unidos 170 calderas de vapor, matando a 259 personas e hiriendo a 555. Era la época de oro de la propulsión por medio del vapor, tal como lo prueba el listado de las principales calderas falladas: 47 correspondían a maquinaria de la industria maderera; 19 a molinos de pulpa, harineros y similares; 18 a locomotoras ferroviarias y bombas de incendio; 15 a barcos de vapor, remolcadores, yates, dragas y diques secos; 13 a acerías, laminadoras y maquinaria semejante; 13 a máquinas portátiles, grúas, desbastadoras de algodón y moledoras; 10 a destilerías, fábricas de azúcar, cervecerías y máquinas vinculadas con la industria química. En Inglaterra, entre 1865 y 1870 se registraron 288 explosiones de calderas de vapor y lo mismo ocurría en muchos otros países.

Las calderas estaban construidas con un material muy similar al de los alambres de hierro ya mencionados. Se trataba, sin lugar a dudas, de un material dúctil. Sin embargo, al analizar lo que quedaba luego de estas fallas, generalmente catastróficas, se observaba que la explosión se producía como resultado de fisuras sin deformación plástica. Por alguna razón, el hierro se había fisurado en forma frágil. Aumentaba la confusión el hecho de que, al ensayar mecánicamente este material roto, se encontraba que seguía siendo dúctil. O sea que el hierro, en las calderas, no se había transformado de dúctil a frágil, sino que en cierto momento, por alguna razón desconocida, se había *comportado* como frágil.

Ninguna de esas calderas hubiera fallado si, en lugar de fabricarlas con hierro, se lo hubiera hecho con un metal noble como platino. Pero en tal caso la tecnología del vapor hubiera quedado relegada a ser una curiosidad palaciega y no sería de ninguna utilidad, pues para que una nueva tecnología tenga impacto en la sociedad debe ser económicamente accesible. Al iniciarse el uso de la tecnología del vapor, el metal más accesible y barato disponible era el hierro. Los primeros en utilizarlo habrán descubierto muy pronto que el hierro en agua común se corroe rápidamente, por lo que resulta poco adecuado para esta aplicación. Sin embargo, si el agua se alcaliniza, por ejemplo por el agregado de hidróxido de sodio o de carbonato de sodio, se forman sobre el hierro capas protectoras que lo vuelven tan resistente a la corrosión como un metal noble. Así se hizo con las calderas de vapor. El problema de las fisuras aparecía cuando el contenido de álcali en el agua era demasiado elevado. En esas condiciones el hierro a alta temperatura se fisuraba en las zonas donde la concentración alcalina era mayor y donde el metal estaba tensionado mecánicamente.

El fenómeno que se acaba de describir, resultado de la combinación de tensiones mecánicas con la acción de un medio corrosivo débil, se conoció en la literatura técnica como "fragilidad cáustica del hierro". Se encontraron, luego de varios años de pruebas, las condiciones de trabajo que hacían seguro el uso de calderas. Desde el punto de vista científico, el problema fue bastante desalentador para los investigadores que encararon su estudio, por cuanto tardaron más de cien años en poder reproducir la fragilidad cáustica en el laboratorio. Mientras tanto continuaron apareciendo nuevos casos de fragilización por el medio ambiente que, ante la carencia de una teoría explicativa del fenómeno, eran imposibles de prever (véase "Historia de un viejo problema").

Fotos: CNEA



Superficie de fractura de un alambre de latón afectado por corrosión bajo tensión por contacto con una solución de nitrito de sodio (aumento: 100×). A la derecha: detalle de la misma (aumento: 400×).

HISTORIA DE UN VIEJO PROBLEMA

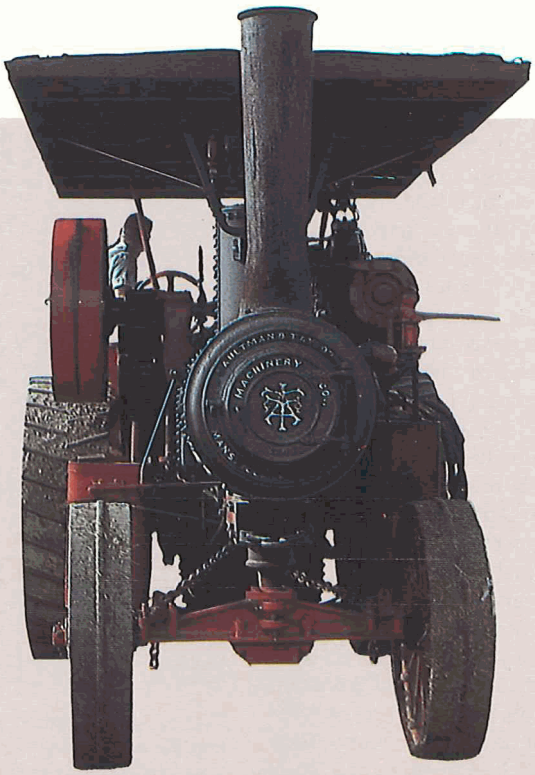


Foto del autor

Es muy probable que ya en la Edad del Bronce el hombre haya observado casos de fisuración por el medio ambiente o corrosión bajo tensión. Estudios arqueológicos muestran que piezas metálicas, en particular de aleaciones de cobre, sufrían fallas de esta naturaleza. Sin embargo, es evidente que el hombre no prestó demasiada atención al problema, por cuanto no se encuentran referencias documentadas sobre el mismo hasta mediados del siglo pasado, como resultado de las fallas en calderas de vapor.

En 1886, un investigador alemán, W. C. Roberts-Austen, demostró por primera vez que la presencia de tensiones mecánicas sumada a la acción de un medio corrosivo específico puede llevar a la rotura frágil de un metal dúctil. Encontró que las aleaciones de oro de 13 quilates, deformadas en frío, se fisuran fácilmente cuando se las expone a la acción de una solución acuosa de cloruro férrico. El estudio apuntaba a desarrollar aleaciones nobles con el menor contenido posible en oro. El material deformado en frío retiene muchas tensiones residuales y estas aleaciones, utilizadas entonces en monturas de lentes y otras aplicaciones, se fisuraban con demasiada frecuencia. Roberts-Austen puso en evidencia que la solución de cloruro férrico era un reactivo muy conveniente para detectar la presencia de tales tensiones residuales.

El siguiente caso importante que aparece en la literatura se relaciona con actividades poco pacíficas del hombre. Se trata del fenómeno que inicialmente se conoció como "season cracking" y que afecta al latón, una aleación de cobre con alrededor de un 30% de cinc. Como se sabe, su uso está muy extendido, tanto para la fabricación de pequeños utensilios domésticos como de grandes componentes industriales. También se lo utiliza para construir vainas de cartuchos y es a propósito de esta aplicación que fue intensamente estudiado desde comienzos de siglo hasta fines de la Segunda Guerra Mundial. Las primeras observaciones sistemáticas comenzaron durante la guerra anglo-boer. Se notó que cartuchos que habían estado almacenados cerca de establos, en particular en zonas cálidas y húmedas, presentaban abundantes fisuras. La apariencia era similar a la de las fisuras en la madera estacionada ("seasoned"), y de ahí el nombre de "season cracking". El interés en este problema fue grande, por la simple razón de que el uso de los cartuchos fallados, al explotar en las armas, tendía a causar más bajas en las tropas leales que en el enemigo. La cantidad de trabajos realizados en el tema se observa fácilmente hojeando las revistas técnicas de metalurgia de fines de las dos grandes guerras mundiales. Al estudiar este problema se encontró que su origen radicaba en la combinación de tensiones residuales que tenían los cartuchos con la acción de un medio corrosivo muy específico. El agente agresivo, en este caso, era el amoníaco, que abunda en zonas cercanas a los establos como resultado de la fermentación.

Otro caso importante, esta vez vinculado con aplicaciones más pacíficas, apareció en la misma época en la industria de los fertilizantes. Se usaban aquí grandes recipientes de hierro, en los que se evaporaba el nitrato. Se observó que el hierro no sólo se fisuraba en álcalis, como ocurría en el caso de las calderas, sino también en soluciones concentradas y calientes de nitratos.

Un gran adelanto tecnológico fue el descubrimiento de aleaciones de aluminio que podían ser endurecidas por tratamientos térmicos. Se obtienen así aleaciones muy livianas con resistencias mecánicas similares a la de los mejores aceros, propiedad ideal para aplicaciones en la tecnología aeronáutica y aeroespacial. En 1919 se encontró por primera vez que estas aleaciones sufren corrosión bajo tensión. El problema puede ser controlado mediante tratamientos térmicos adecuados, pero aún sigue latente. Fue causa de fallas durante la construcción del Zeppelin en Alemania, hace setenta años, y se volvió a presentar más recientemente en el cohete Saturno y el módulo lunar, durante el programa Apolo de la NASA. A ello debe agregarse la infinidad de casos que cualquier consultor en corrosión observa en forma casi cotidiana.

En 1911 se desarrolló la tecnología del acero inoxidable. Su uso revolucionó las industrias química, alimenticia, farmacéutica y tantas otras. Por primera vez se disponía de un material relativamente económico que permitía manipular productos corrosivos sin que los envases se deteriorasen o productos alimenticios o farmacéuticos sin contaminarlos. En 1937 se descubrió, en plantas evaporadoras de café, que el acero inoxidable también es susceptible de corrosión bajo tensión. En este caso el agente corrosivo era, lamentablemente, una simple solución en caliente de un compuesto muy extendido en la naturaleza: el cloruro de sodio (sal común).

Con el avance tecnológico de las últimas décadas, el número de casos de corrosión bajo tensión ha crecido en forma exponencial. Actualmente se considera que toda aleación puede experimentar el fenómeno si se la expone a un medio adecuado. Lo importante es poder predecir en qué medios puede ocurrir, para prevenir inconvenientes y también para encontrar la forma de desarrollar aleaciones resistentes a esta clase de roturas. Se requiere, por tanto, contar con una buena teoría sobre fragilización por el medio ambiente.

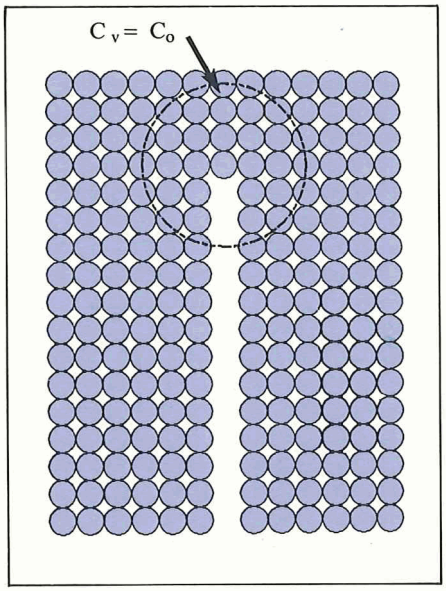


Fig. 2. Fisura en una red metálica en ausencia de tensiones mecánicas ($C_v = C_o$).

tura medida en grados centígrados.) Si un cristal funde a 1800°C, su $0{,}5T_m$ será igual 0,5 (1800 + 273) K = 1036,5 K, es decir 763°C. Por consiguiente, a temperatura ambiente, la movilidad de los átomos en dicho cristal es prácticamente nula. En cambio, si se tiene un metal o sólido cristalino que funde a 300°C, su $0{,}5T_m$ será igual a 13,5°C, y la movilidad atómica a temperatura ambiente será considerable.

En base a la información disponible hasta ahora, el primer postulado que se propone en el mecanismo de Movilidad Superficial es que la fragilización por el medio ambiente ocurre siempre por debajo de $0{,}5T_m$ del metal. O sea que la movilidad de los átomos, por difusión, en el volumen del metal es despreciable.

La movilidad de los átomos en la superficie de un cristal es apreciablemente mayor que en el volumen. Esta movilidad, o "difusión superficial", ha sido extensamente estudiada por numerosos autores. N. A. Gjostein, en 1967, desarrolló una relación empírica que permite calcular la movilidad superficial en función de la temperatura y del punto de fusión del metal. G. E. Rhead, en 1969, encontró que esa relación empírica no se cumple cuando la superficie del metal está contaminada por otro metal o por un compuesto químico del metal base. Este autor observó que para poder evaluar en estos casos la movilidad superficial, lo importante no es el punto de fusión del metal sino el del contaminante superficial. Si el punto de fusión del contaminante es alto, la movilidad es menor que la del metal puro, en tanto que, si es bajo, se observa un sustancial aumento en la movilidad superficial.

El segundo postulado del mecanismo de Movilidad Superficial es que, en la fragilización por el medio ambiente, la acción del medio consiste en producir sobre la superficie del metal compuestos de bajo punto de fusión que incrementan su movilidad superficial. Sólo en estas condiciones se producirá la fragilización por el medio ambiente. Si, por el contrario, la acción del medio ambiente induce la formación de películas de alto punto de fusión, el metal presentará inmunidad a la corrosión bajo tensión.

La figura 2 muestra una fisura en un metal, en ausencia de tensiones mecánicas. La concentración de vacancias (C_v) tanto en el fondo de la fisura como en el resto del metal, será la concentración de equilibrio (C_o).

Si se aplican tensiones de tracción (figura 3) la física de fracturas dice que aquellas se concentrarán en el fondo de la fisura. La presencia de tensiones de tracción en dicho punto hace que la concentración de vacancias en equilibrio en esa zona sea mayor que C_o. El nuevo valor, C'_v, es el dado por la fórmula que aparece en la misma figura. El tercer postulado del mecanismo de Movilidad Superficial establece que el proceso de corrosión bajo tensión se debe a la diferencia en la concentración de vacancias en

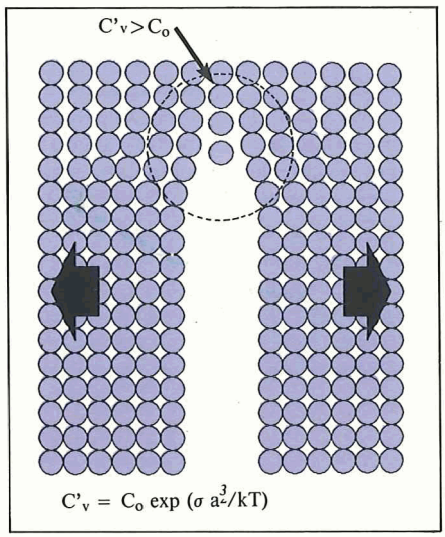


Fig. 3. Fisura en una red metálica en presencia de tensiones de tracción ($C'_v > C_o$). La concentración de vacancias depende exponencialmente de σ (tensión), a (diámetro atómico) y T (temperatura absoluta). En la fórmula, k es la constante de Boltzmann.

ausencia de tensiones (C_o) y la que se alcanzaría en presencia de tensiones de tracción (C'_v).

En condiciones normales C'_v no se alcanzaría nunca. Para ello debería producirse una reubicación de los átomos en el fondo de la fisura, y ya se ha señalado que para valores inferiores a $0{,}5T_m$ la movilidad atómica es despreciable.

Por acción del medio ambiente, la superficie del metal, incluyendo el interior de las fisuras, estará contaminado (figura 4). Si el contaminante superficial es de alto punto de fusión, la movilidad superficial será menor que la del metal puro y, en consecuencia, no se observará ningún cambio. Si, por el contrario, el contaminante tiene un punto de fusión bajo, habrá una alta movilidad superficial, la que asegurará un intercambio medible entre los átomos de metal y los de la capa contaminante, tal como se muestra en la figura 5.

En presencia de un contaminante de bajo punto de fusión, la punta de la fisura podrá aumentar su contenido en vacancias enviando átomos a la capa contaminante (figura 6). Sin embargo, cada vez que se produce una vacancia en la punta de la fisura, ésta se incrementa en un espaciado atómico. Así la fisura se propaga. Según el mecanismo de Movilidad Superficial, la etapa controlante del proceso (que define la velocidad del mismo) es la rapidez con que los átomos que pasan desde el fondo de la fisura a la capa contaminante se difunden hasta sitios estables en la superficie del metal o son removidos por reacción con el medio ambiente.

Con la información descripta se pueden predecir las velocidades de propagación de fisuras a partir del valor de la tensión aplicada, del punto de fusión del contaminante superficial y de la temperatura del metal. El mecanismo de Movilidad Superficial permite determinar ahora qué compuestos son peligrosos por provocar corrosión bajo tensión y qué compuestos son deseables por inhibirla. Además, es posible anticipar nuevos casos de fallas originadas por este fenómeno.

Hasta este momento la comparación de las predicciones del mecanismo de Movilidad Superficial con los casos conocidos ha

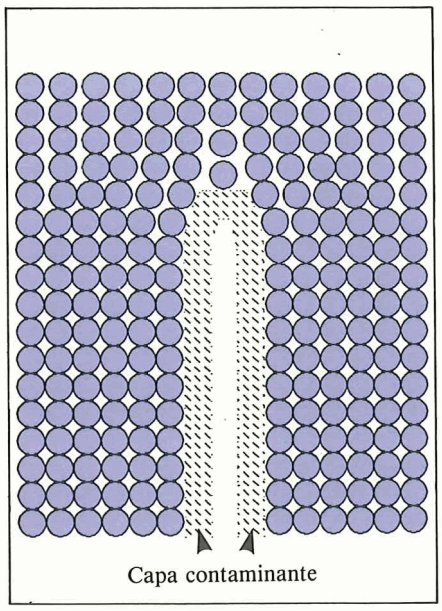


Fig. 4. Contaminación superficial en el interior de una fisura.

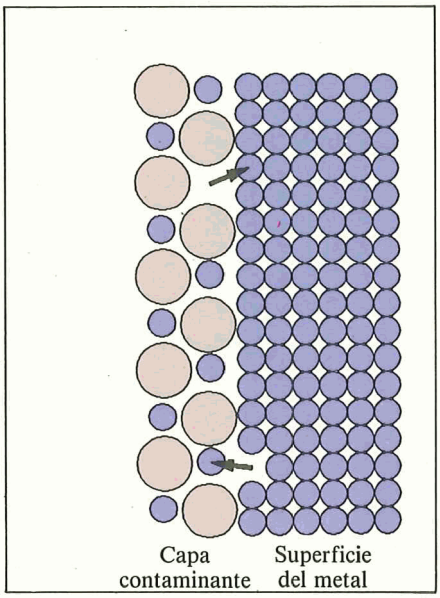


Fig. 5. Contaminante con alta movilidad superficial. En este caso el intercambio entre átomos del metal y átomos del contaminante es intenso.

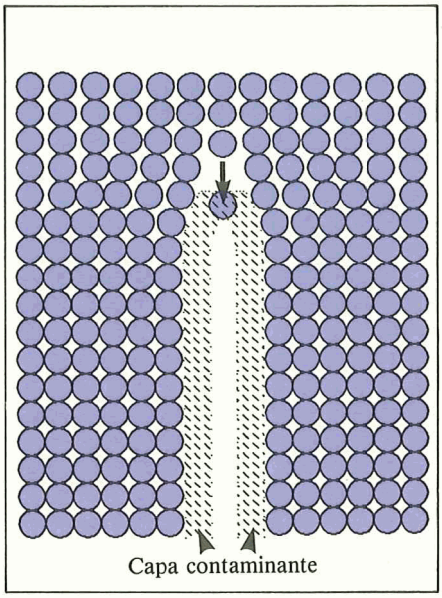


Fig. 6. Creación de vacancias en la punta de la fisura, generadas por la incorporación de átomos del metal a la capa contaminante.

sido muy satisfactoria. Lo mismo ocurre con las realizadas en nuevos episodios de corrosión bajo tensión en cobre puro y en aleaciones de plata, según trabajos recientemente completados. Sin embargo, queda aún mucho por hacer: (1) aumentar el número de casos en los que pueda realizarse una comparación cuantitativa entre predicción y medida para cimentar la confianza en el nuevo mecanismo; (2) incrementar el conocimiento sobre movilidad superficial de metales contaminados, a fin de reemplazar las ecuaciones empíricas disponibles en la literatura por ecuaciones cuyo significado físico esté bien definido; y, como objetivo fundamental, (3) establecer las reglas que lleven al desarrollo de nuevas aleaciones que sean resistentes a la fragilización por el medio ambiente. ⊙

LECTURAS SUGERIDAS

GALVELE, J.R. (1979), *Corrosión*, Monografía N° 21, Serie Química, Organización de los Estados Americanos.

GALVELE, J.R. (noviembre de 1980), "Review of Stress Corrosion Cracking", *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, Córdoba, Argentina, T. 54, entregas 1-4, pág. 79.

GALVELE, J.R. (1987), "A Stress Corrosion Cracking Mechanism Based on Surface Mobility", *Corrosion Science*, Vol. 27, N° 1, págs. 1-33.

LATANISION, R.M. y PICKENS, J.R. (eds.) (1983), *Atomistics of Fracture*, Plenum Press, Nueva York.

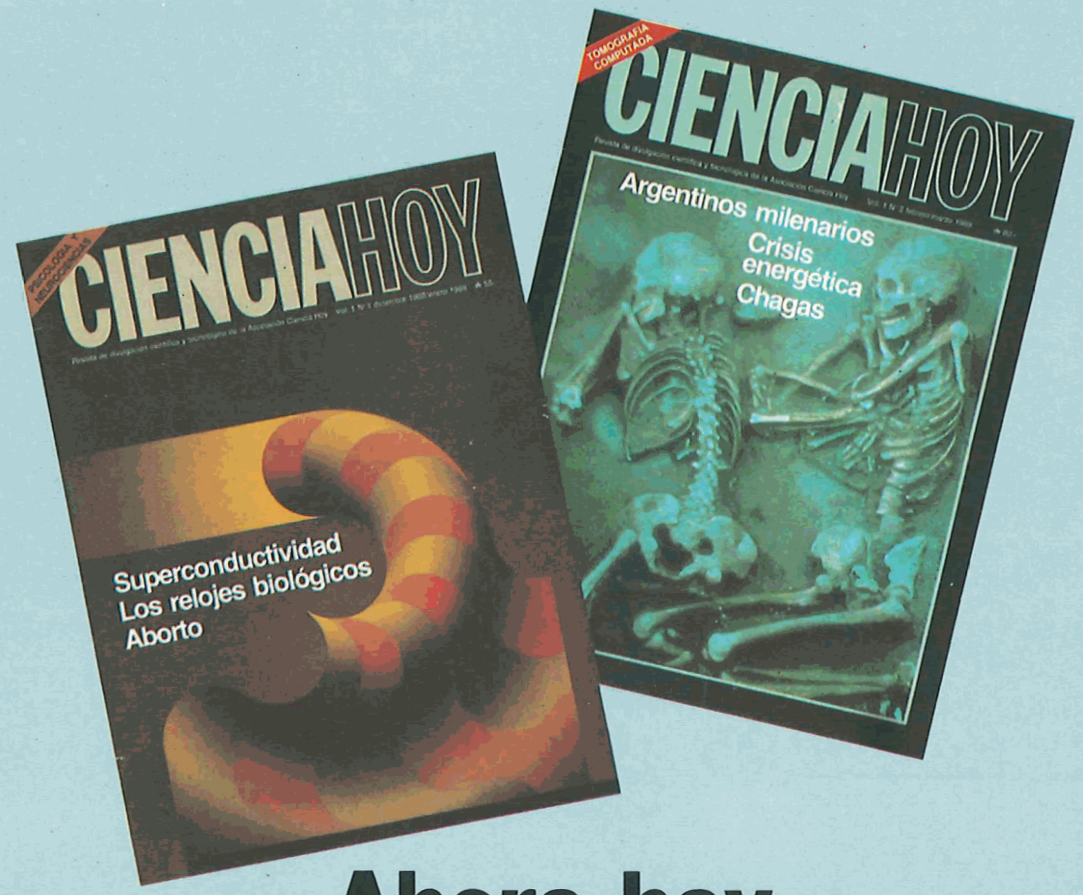
SCULLY, J.C. (1983), "Stress Corrosion Cracking", *Treatise on Materials Science and Technology*, vol. 23, Academic Press, Londres.

SCULLY, J.C. (ed.) (1983), *Corrosion: Aqueous Processes and Passive Films*, pág. 103, Academic Press, Londres.

Microscopio electrónico de barrido con el que fueron obtenidas las fotografías que ilustran este artículo. (Departamento de Materiales, Comisión Nacional de Energía Atómica.)

¿Y, DOCTOR? ¿CÓMO MARCHAN SUS INVESTIGACIONES SOBRE RUPTURA INESPERADA DE MATERIALES?
SENDRA

...Y APENAS ME ENTERÉ, LICENCIADO, QUE USTED SE OCUPABA DE "DETERIORO EN ELEMENTOS DÚCTILES OCASIONADO POR EL MEDIO AMBIENTE", DECIDÍ TRAER A CARLITOS QUE ERA UN MUCHACHO TIERNO PERO QUE SE ME ESTÁ ESTROPEANDO POR CULPA DE LOS AMIGOTES...
SENDRA



Ahora hay CIENCIAHOY en la Argentina

Nº 1 (diciembre '88/enero '89)

- **Los relojes biológicos**
- **Superconductividad**
- **El rastro de los groebéridos**
- **Aborto**
- **Anfibios del Delta**
- **Debate:** Neurociencias y psicología
- **Perfil:** Rodolfo Casamiquela
- **Aquí ciencia** (Las BDZ del cerebro, Plomo en la atmósfera, La litiasis en busca de su etiología)
- **Ciencia en el mundo** (Moléculas con memoria, Transferencia de un gen a la planta de maíz, ¿Han muerto las supercuerdas?)
- **Ciencia y sociedad** (Genética y desarrollo, 50 años de la fisión nuclear, No a las armas nucleares, Emigración de argentinos, La huella digital de ADN)

y el humor de Fontanarrosa

Nº 2 (febrero-marzo '89)

- **Las secciones indiscretas**
- **¿Quién mató al megaterio?**
- **Informe sobre Chagas**
- **Energía: el azar y la necesidad**
- **Aquí ciencia** (''Genes saltarines'' y resistencia a los antibióticos, Orígenes de la nacionalidad argentina, La formación de los glóbulos rojos)
- **Opinión:** La infancia en las ciudades
- **Perfil:** Guido Beck
- **Ciencia en el mundo** (¿Error, fantasía o avance de la medicina homeopática?, Músculos para robots, ¿Es caótico el movimiento de Plutón?)
- **Ciencia y sociedad** (Mortalidad infantil: situación y logros, Pampa semiárida: nuevos cultivos)
- **El lector pregunta**

y el humor de Sendra

una revista para coleccionar

Diez pesos
Un peso
CIEN MIL PESOS
El Banco Central de la República Argentina
Cinco pesos
Diez pesos
REPUBLICA ARGENTINA
UN MILLON DE PESOS
BANCO CENTRAL DE LA REPUBLICA ARGENTINA
CINCO MIL PESOS
El Banco Central de la República Argentina
Cinco Pesos
CINCUENTA Pesos Argentinos
CINCUENTA MIL PESOS
REPUBLICA ARGENTINA
CIEN PESOS ARGENTINOS
UN PESO
QUINIENTOS PESOS
UN PESO Argentino
DIEZ PESOS
MIL PESOS
CINCUENTA PESOS
CIEN PESOS
CINCO Pesos Argentinos
DIEZ MIL PESOS
Mil Australes
Cien Australes
Cincuenta Australes
Quinientos Australes
Cinco Mil Australes

INFLACIÓN E HIPERINFLACIÓN

el infierno tan temido

Roberto Frenkel
Centro de Estudios de Estado y Sociedad

¿Cómo se puede pasar, en pocos meses, del cinco al cien por ciento de inflación mensual? La respuesta se encuentra en la adaptación previa a largos períodos de inflación alta que acaba constituyendo un régimen de funcionamiento de la economía, la última línea de defensa de la economía monetaria. Pero se trata de una línea muy frágil que, frente a un nuevo *shock*, puede derribarse. Su caída es la hiperinflación.

Este artículo analiza algunos aspectos de la economía argentina como ejemplo de una economía que ha experimentado por largo tiempo un proceso de inflación alta. Para nuestro propósito resultará fructífero considerar a la economía como una trama de contratos explícitos e implícitos, que tienen el dinero como denominador común, y por medio de la cual se organizan el trabajo, la producción y las transacciones.

No intentaremos proponer un modelo macroeconómico completo, sino llamar la atención sobre algunos temas poco considerados. La advertencia sirve a modo de recaudo ante la ausencia de tratamiento, en lo que sigue, de temas obviamente muy relevantes. En particular, las crisis fiscal y del sector externo están presentes sólo como telón de fondo de los *shocks* cambiarios y de tarifas públicas. Tampoco se tratan las formas que asume la riqueza financiera y el funcionamiento de los mercados financieros, aunque estas cuestiones resultan imprescindibles en un análisis más completo del funcionamiento de una economía de inflación alta.

Una economía que experimenta altas tasas de inflación durante un período prolongado tiende a adaptarse al fenómeno. Ello implica cambios en las formas de pensar y en las conductas de individuos y empresas, en los hábitos y convenciones y en las reglas e instituciones que enmarcan las relaciones entre los agentes económicos.

Designaremos con el término "instituciones" a esas características y diremos, por tanto, que el *régimen de inflación alta* es el conjunto de instituciones que adquiere la economía expuesta a un proceso más o menos prolongado de tasas altas de inflación.

Las formas de pensar y actuar de individuos y empresas, y las de relacionarse entre sí de modos más o menos formalizados son plásticas, pero no se modifican instantáneamente. Las instituciones cambian, pero lo hacen con relativa lentitud. Además, el cambio de las instituciones es un proceso colectivo que implica coordinar entre numerosos individuos un nuevo sentido común de normalidad y justicia contractual. Ese proceso de coordinación también requiere tiempo.

La mención a la relativa lentitud de los cambios, que fundamenta la noción de *régimen* de alta inflación, procura poner el énfasis en que, avanzado el proceso de adaptación, esas instituciones constituyen un "dato" de la economía y hacen a su forma específica de funcionamiento. Que la economía argentina de los años recientes se encontrase en un régimen de inflación alta, implicó que exhibiera un comportamiento macroeconómico específico, diferente, por ejemplo, del que tenía durante la década de los años sesenta.

Uno de los elementos más notables de la experiencia del Plan Austral es la persistencia del régimen inflacionario, pese a que la tasa de inflación se ubicó durante casi dos años consecutivos en niveles que no se experimentaban desde 1974. La ostensible propensión a la aceleración inflacionaria que mostró la economía tiene una de sus explicaciones en esa continuidad del régimen de inflación alta. Más precisamente, la propensión a la aceleración resulta de la conjunción del régimen de inflación alta con importantes desequilibrios estructurales en el sector externo y en el financiamiento fiscal.

En lo que sigue consideramos las instituciones más relevantes del régimen de inflación alta desde un punto de vista macroeconómico. Mostraremos de qué manera se asocian a la inflación alta, de modo que ésta aparece como *causa*. Pero esa causalidad debe ser calificada por lo dicho anteriormen-

Fotos: Andrés Barragan

te. En primer lugar: no existe una asociación mecánica entre nivel de inflación e instituciones sino un proceso de adaptación relativamente lento y conflictivo que, una vez cristalizado, tiene su propia inercia. En segundo lugar: las instituciones del régimen de inflación alta son, por su parte, determinantes de la propensión a la aceleración y, más generalmente, de la volatilidad de la economía.

La inflación es la pérdida del valor real del dinero, es decir, la declinación del valor del dinero con relación a los bienes y servicios. Por tanto, el dinero es el principal actor de su análisis. Ello justifica nuestra afirmación anterior de que un camino fructífero para analizar una economía monetaria es concebirla como una trama de contratos explícitos e implícitos que tienen al dinero como denominador común y mediante la cual se organizan el trabajo y las transacciones.

El contrato nominal es el compromiso de pago futuro de cierta cantidad de dinero. A cambio de la provisión de un bien o servicio que se efectiviza en algún momento, el contrato nominal fija anticipadamente el precio que se pagará en otro momento determinado del futuro. La extensión temporal del contrato nominal es el máximo período pactado en el cual el precio no experimenta modificaciones.

Por ejemplo, en el caso de un contrato de trabajo, la extensión del contrato nominal es la longitud del período para el que se conviene un salario nominal determinado. En el caso de un préstamo, la extensión es el período máximo para el cual se pacta una tasa de interés determinada.

Esos son dos ejemplos de contratos explícitos. Otros son implícitos. Una oferta de precio, por ejemplo, implica algún compromiso de que dicho precio se sostendrá por cierto tiempo, aunque el compromiso no se haga generalmente explícito, ni se explicite tampoco la extensión del mismo.

En tanto se hace efectivo en el futuro, el valor real de un contrato nominal es siempre incierto. El valor real sería totalmente predictible sólo en el caso en que, para el período en que se extiende el contrato nominal, fuese perfectamente predictible la evolución de otros precios con los cuales resulta relevante comparar el valor nominal del contrato. Pero esto no es posible.

Existen, sí, grados de predictibilidad de la evolución futura de los otros precios relevantes para los agentes que contratan (predictibilidad que es subjetiva, porque el futuro es irremediablemente incierto). La incertidumbre es mayor cuanto más extenso es el contrato y cuanto más alta es la tasa de inflación en el momento de suscribirlo.

Cuando la economía experimenta el

aumento de la tasa de inflación, acortar la extensión de los contratos nominales es un recurso que tiende a compensar el aumento de la incertidumbre. Contratos de extensión más reducida permiten revisar las decisiones y convenios de precio con mayor frecuencia. Cuanto más alta es la inflación, mayor es la preferencia por esa flexibilidad.

Un freno a la reducción de la extensión de los contratos es el costo de recontratación. En los bancos, por ejemplo, depósitos de menor plazo multiplican el número de operaciones. En el mercado de trabajo, convenios salariales más cortos implican mayores costos de información, negociación y conflicto.

El contrato indexado incluye una cláusula de revisión automática del contrato nominal vinculada a la evolución pasada de un índice convencional de precios. El mecanismo procura minimizar los costos de información, negociación y conflicto asociados a una frecuente revisión de los contratos nominales. Incluye además un acuerdo sobre el período de reajuste, es decir, el tiempo durante el cual el precio nominal permanece constante. El contrato indexado es una sucesión de contratos nominales de determinada extensión, cuyo valor se modifica de acuerdo con la evolución pasada de un índice de precios.

El valor real de un contrato indexado es también incierto. Luego de cada reajuste el valor del contrato depende de la evolución futura de los precios, de modo que ese valor es más incierto cuanto más alta es la inflación y mayor el período de reajuste. Cuando la inflación se acelera, también tiende a reducirse la extensión del período de reajuste de los contratos indexados, como forma de defensa frente al aumento de la incertidumbre.

Si el período de ajuste pudiera acortarse hasta hacerse prácticamente nulo, el valor nominal del contrato podría ajustarse en forma casi continua, haciéndolo prácticamente proporcional al índice de precios y garantizando su valor real. Esta idea teórica se denomina *indexación perfecta* y es imposible en la práctica.

Lo es, en primer lugar, por la variabilidad de los precios relativos. No necesariamente los precios relevantes para diferentes agentes evolucionan según un índice convencional, y la probabilidad de esa discrepancia es mayor cuanto más elevada es la tasa de inflación. La segunda causa de la mencionada imposibilidad es más importante. El período de reajuste puede acortarse, como de hecho lo hace, pero el límite mínimo al período de reajuste de un contrato indexado está determinado por la frecuencia con que se dispone de los índices convencionales de precios. La recolección de información, su sistematización y publicación requieren de cierto tiempo, que establece en la práctica una cota inferior al período de reajuste.

La frecuencia mensual que adquirieron en la Argentina en años recientes los reajustes salariales, de alquileres, de servicios, etc., está determinada por la disponibilidad mensual de los índices de precios a los que están vinculados explícita o implícitamente (véase "IPC, el índice 'estrella' "). Pero ante tasas de inflación como las experimentadas por la economía argentina, incluso contratos indexados mensualmente están expuestos a variaciones reales comparables a las que pueden sufrir contratos nominales de varios años de extensión en economías más estables.

Los trabajadores, las empresas, los comerciantes y los demás agentes económicos involucrados en el proceso de producción y distribución de bienes y servicios compran en algunos mercados y venden en otros. Cada agente está ubicado en algún punto de una trama de relaciones que enmarcan las transacciones. La gran mayoría de las relaciones toma la forma de contratos monetarios explícitos o implícitos.

Difícilmente un agente económico puede modificar por su sola voluntad las modalidades de contrato que lo involucran. Por ejemplo, los trabajadores de una empresa pueden reclamar aumentos con mayor frecuencia, pero es poco probable que la empresa esté dispuesta a rediscutir mensualmente los salarios si por sus condiciones de venta debe sostener ofertas de precio por varios meses. Por la misma razón, un trabajador que alquila su vivienda resistirá un contrato con indexación mensual si su salario permanece fijo por varios meses.

La gran mayoría de los agentes económi-

IPC, el índice "estrella"

Resulta evidente para cualquier observador la notoriedad del Indice de Precios al Consumidor (IPC) como medida de la inflación. La razón más obvia de la atención que concita reside en que ese índice constituye la base principal de contratos indexados de diverso tipo. La preeminencia como indexador y la notoriedad se explican mutuamente, de modo que resta aclarar por qué el índice adquiere características de "estrella".

Cabe señalar, en primer lugar, que éste no es un fenómeno exclusivamente argentino, sino un rasgo asociado al proceso de inflación alta. Todo índice de precios es convencional. En condiciones de inflación baja, las discrepancias entre diversos índices son pequeñas, pero tienden a incrementarse en inflaciones más altas. En estos últimos contextos, observados, por ejemplo, en Uruguay, Brasil y Chile, tiende a producirse la selección del IPC como indexador más o menos universal de contratos.

Como se menciona en el texto principal de este artículo, la cláusula de indexación tiende a reducir los costos de recontratación, esto es, a minimizar los costos de una frecuente renegociación de los contratos nominales. Observemos con mayor detalle esta cuestión en el mercado de trabajo.

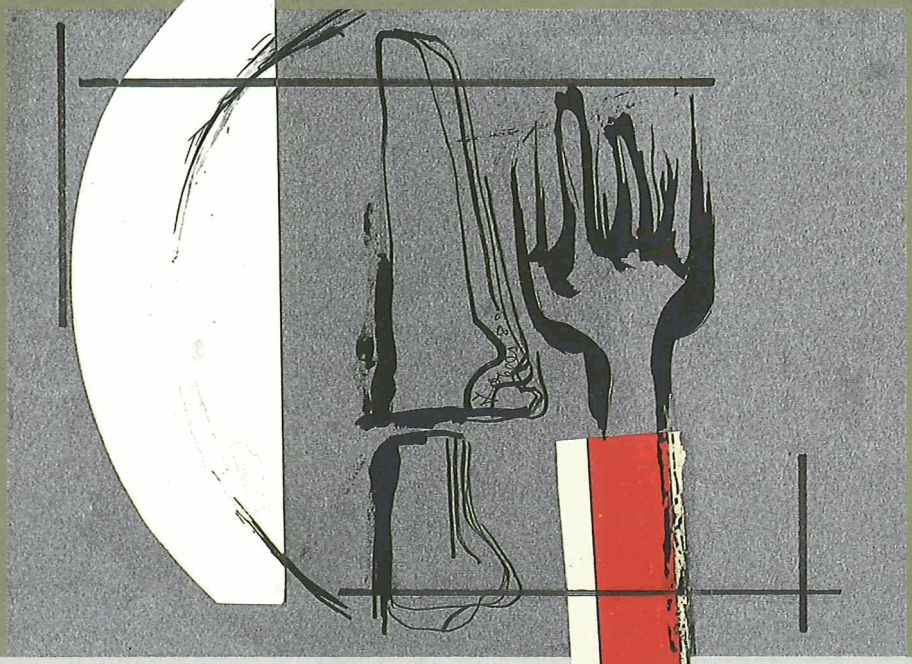
El valor real del salario nominal fijado en algún momento para regir cierto período futuro dependerá de la evolución de los precios relevantes durante el mismo. Los precios relevantes no son iguales para los trabajadores y la empresa. Una negociación de los salarios basada en las expectativas de ambas partes supondría enormes dificultades y conflictos. Indexar el salario con la inflación pasada provee una solución práctica, que a su vez plantea la necesidad de convenir el tipo de información en la que se basará la indexación. Convenir un índice *ad hoc* y recolectar la información tiene costos que lo hacen impracticable en la enorme mayoría de los casos. Se utiliza entonces la información provista por una entidad independiente de las partes, como el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC).

La publicación de los índices de precios por la entidad oficial es la producción de un bien público, la distribución gratuita de un producto costoso que satisface esa demanda de información con los suficientes recaudos de objetividad e independencia de las partes. En ese conjunto, la tasa del IPC resulta *la mejor alternativa disponible* para resolver el problema que plantea la frecuente renegociación de salarios.

El carácter crucial del mercado de trabajo explica que la utilización del IPC se generalice. Si el principal costo primo de la economía está implícita o explícitamente vinculado al IPC, es comprensible que otros agentes tiendan a basar sus contratos y a comparar sus precios con relación al mismo índice. En realidad, basta suponer que un índice adquiere preeminencia para hacer comprensibles las razones de su progresiva extensión por la trama de contratos explícitos o implícitos de la economía. En el proceso de adaptación a la inflación alta, la notoriedad y relevancia del IPC se refuerzan mutuamente de manera acumulativa.

Por ser la principal base de los contratos indexados y el principal referente respecto del cual los agentes juzgan sus precios relativos, las características del IPC (los bienes que lo componen, sus ponderaciones, los procedimientos convencionales de cálculo, etc.), tienen efectos objetivos sobre el proceso inflacionario. Cuando algo afecta la tasa de inflación, lo hace principalmente por la vía de los componentes, de la forma y según la intensidad con que afecta la tasa del IPC, porque es a través de esta tasa que tiende a transmitirse hacia el futuro.

En muchos casos, particularmente en el de los trabajadores, la convención está profundamente arraigada como sentido de justicia. La "recuperación de la inflación pasada", medida por la tasa del IPC, es así percibida como una noción autoevidente. Sin embargo, la convención puede ser revisada si algún acontecimiento (por ejemplo un *shock* devaluatorio) tiene suficiente entidad como para justificar los costos y conflictos de su revisión.



Ilustraciones: Raúl Torres

cos tratan de reducir riesgos "calzando" las modalidades de contratación en las que se encuentran involucrados como compradores y vendedores.

En la adaptación a inflación alta, las nuevas formas de contratación se van extendiendo por la trama de relaciones, en un proceso (conflictivo) de creciente coordinación entre agentes y mercados.

El régimen de inflación alta tiene un elevado grado de coordinación de las modalidades de contratación de los diferentes mercados. En el mercado de trabajo se observa la generalización de la indexación con un mínimo período de reajuste; en los mercados de bienes, alta frecuencia de las modificaciones de precios, esto es, breves períodos (días) para los cuales se sostienen las ofertas de precios; en el mercado financiero, plazos muy cortos de los depósitos y créditos. También se coordina con esas modalidades de contratación la frecuencia de ajustes del tipo de cambio, de las tarifas y de otras variables que decide el sector público.

Cabe destacar que la interconexión de las modalidades de contratación propias de los distintos mercados implica que no puede producirse un cambio significativo en uno de ellos si no experimentan cambios semejantes los otros. Este es el fundamento de la inercia institucional ya mencionada.

En una economía estable o que presenta tasas muy bajas de inflación se observa una gran proporción de contratos nominales de duración muy extensa. Son normales, por ejemplo, contratos salariales de dos años de duración o contratos financieros cuya tasa de interés se pacta por varios años.

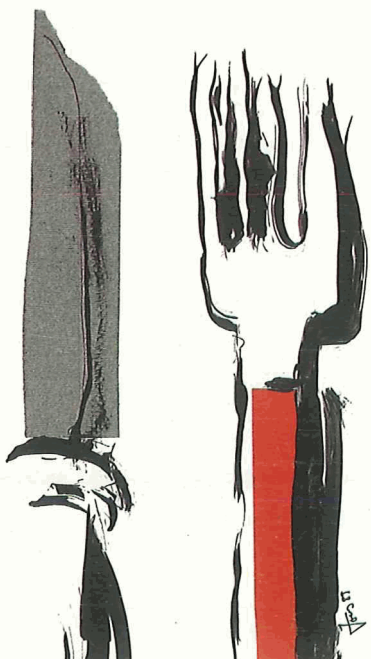
Cuando se experimentan durante cierto lapso tasas más altas de inflación, la indexación emerge como un mecanismo más o menos formalizado. La generalización de la indexación y el progresivo acortamiento de los períodos de reajuste aparecen asociados a procesos inflacionarios de mayor magnitud. En un régimen de inflación alta los contratos nominales no indexados han prácticamente desaparecido o tienen una extensión de días, y la extensión de los períodos de reajuste de los contratos indexados llega al límite impuesto por la disponibilidad de información sobre índices de precios.

La generalización de la indexación y la reducción de la extensión temporal de los contratos son mecanismos de defensa frente a la incertidumbre, pero no eliminan a ésta. Cuanto más alta es la inflación, mayor es el componente impredecible de cualquier resultado económico. Se produce, en consecuencia, una generalizada disminución de la eficiencia. Además, en la medida en que los resultados económicos son crecientemente aleatorios, el proceso de inflación alta desestimula el trabajo: la asignación de recursos (el trabajo, más específicamente) tiene un fuerte componente de lotería que la indexación no puede eliminar.

La indexación y el acortamiento de los contratos son mecanismos que tienden a preservar la utilización del dinero. La medición de la evolución de índices de precios intenta calcular la pérdida de valor del dinero, de modo de introducirlo en la suscripción de un contrato monetario. Por las razones ya señaladas, dicho cálculo constituye un remedo imperfecto de la estabilidad, peor cuanto más alta es la tasa de inflación. Pero la adaptación permite a la economía monetaria continuar funcionando durante largos períodos con tasas de inflación que resultan inconcebibles en regímenes de mayor estabilidad.

Las *dificultades de información*, particularmente la irreductibilidad del período mínimo con que se puede disponer de información sobre índices de precios, imposibilitan, como ya señalamos, la indexación perfecta y establecen un tope práctico a su utilidad. Cuando la magnitud de la inflación supera ciertos límites, los mecanismos de indexación de más corto período de reajuste son insuficientes para preservar la supervivencia de los contratos nominales. Estos tienden a desaparecer y, con ellos, el dinero en sus funciones de denominador de contratos y unidad de cuenta.

La subsistencia de una masa significativa de contratos nominales, posibilitada por la indexación y el acortamiento de su extensión, traza la frontera entre inflación alta e hiperinflación. Esta última es el proceso de desaparición de los contratos nominales y su sustitución por otras formas de contrato (por ejemplo, en moneda extranjera). En el régimen de inflación alta, la economía se ha colocado en el límite de las posibilidades de supervivencia de los contratos nominales, por lo que tiene como amenaza inmediata la hiperinflación.



En la mayor parte de los mercados de bienes, las transacciones se realizan en base a precios de oferta, es decir fijados por el vendedor. Estas decisiones de precios pueden ser revisadas, y pueden serlo con frecuencia, pero cada caso implica una decisión de precios que se sostiene por algún tiempo. En condiciones de inflación alta, la decisión que debe tomarse se refiere, más específicamente, a la tasa de aumento del precio. ¿Cuál es la información relevante que debe tomar en cuenta el agente que decide la tasa de aumento de su precio?

En primer lugar debe considerar el crecimiento nominal de la demanda efectiva de su mercado. Entre las ventas realizadas al precio anterior y las que se realizarán al nuevo precio media cierto tiempo durante el cual tiene lugar un incremento de la demanda nominal que debe ser explícita o implícitamente conjeturado.

En segundo lugar debe considerar la tasa de aumento de sus costos. El agente puede contar con una información al día de aquéllos, pero esto no agota la información que requiere. Entre la decisión de precios y el cierre de circuito de venta que tiene lugar con la recuperación líquida del capital de trabajo invertido, transcurre cierto tiempo. En condiciones de inflación alta los costos pueden aumentar significativamente en ese lapso. El lapso tiende a ser reducido en el proceso de adaptación a la inflación alta, pero no es eliminado. En consecuencia, la tasa relevante de aumento del costo es una tasa futura, que también es explícita o implícitamente conjeturada por quien decide precios.

En tercer lugar, en muchos mercados interesa también considerar la tasa de aumento de los precios de empresas o productos competitivos. Por la rápida obsolescencia de la información que tiene lugar en un régimen de inflación alta, también este ingrediente de la decisión de precios tiene un gran componente conjetural.

Este conjunto de conjeturas imprescindibles es lo que denominamos *expectativas inflacionarias*: ellas gobiernan las decisiones de precios. Se trata de hipótesis sobre tasas de aumento de distintos precios e ingresos nominales relevantes para quien decide precios. En particular, involucran hipótesis sobre "precios clave", como los de los bienes y servicios públicos y el tipo de cambio; sobre los salarios, como costo y como componente de la demanda efectiva; sobre otros ingresos nominales; y también sobre decisiones de precios de otros agentes económicos relevantes.

El solo enunciado de los requisitos de las decisiones de precios en contextos de inflación alta pone de manifiesto la magnitud de las exigencias y dificultades que éstas im-

ponen a tales decisiones cruciales. Dependiendo de su grado de sofisticación y de su ubicación en la trama de mercados, las empresas hacen una mayor o menor desagregación de esas expectativas, y colocan mayor atención y ponderación en variables que se relacionan específicamente con sus costos o su demanda. Este refinamiento, sin embargo, es prácticamente inalcanzable en la gran mayoría de los casos, en los cuales las conjeturas se funden en una única expectativa inflacionaria que fundamenta la tasa de aumento decidida por el agente.

En términos generales y en las llamadas *condiciones normales del régimen de inflación alta* (que definiremos más adelante) las expectativas inflacionarias son una combinación de las tasas de inflación pasadas y las tasas de crecimiento de algunas variables notorias que proveen información adicional sobre tendencias a la aceleración o desaceleración. Debemos destacar que esas variables no son necesariamente siempre las mismas, sino que dependen, en diferentes períodos, de su grado de actividad y notoriedad.

Por ejemplo, en un período en el cual el sector público se propone un aumento real del precio de los bienes y servicios que suministra por la vía de sobreindexar los ajustes, la tasa esperada de inflación combina la tasa de las tarifas públicas con la tasa de inflación pasada. La tasa esperada de inflación de cada agente supera la inflación pasada en la proporción en que entran las tarifas en su función de expectativas. En cuanto una cantidad significativa de decisiones de precios procuran alinear su tasa de aumento con esa tasa esperada, el promedio de dichos precios se incrementará a una tasa que supera la inflación pasada en la misma proporción en que las tarifas entran en el promedio de dichas expectativas.

Las implicaciones y el significado del modo en que se conforman las expectativas inflacionarias pueden ser mejor analizados en las siguientes condiciones hipotéticas. Supongamos un período durante el cual el tipo de cambio y las tarifas públicas son indexados y ninguna otra variable provee señales suficientemente notorias para incidir en las expectativas. En estas condiciones, la tasa esperada de inflación tiende a igualarse a la tasa pasada y lo mismo ocurre con las tasas decididas. En consecuencia, la tasa de inflación resultante es muy similar a la tasa pasada.

Deben señalarse dos cuestiones con relación a este comportamiento de las expectativas y las decisiones de precios. En primer lugar, en tanto es generalizado, el comportamiento tiene las características de una predicción autoconfirmada. En segundo lugar, la coincidencia de la tasa efectiva de inflación con la tasa esperada confirma la expectativa y consecuentemente el modo en que ésta se conforma.

En estas condiciones, el modo de formación de expectativas es racional, en el sentido de que provee la mejor predicción de inflación. La inflación pasada, como insumo de la formación de expectativas y las decisiones de precio, actúa a modo de coordinador de las acciones individuales.

El análisis de la situación hipotética precedente se extiende análogamente al caso más general en el que las expectativas combinan la inflación pasada con alguna información adicional que señala aceleración o desaceleración. La condición del carácter autoconfirmatorio y racional del modo de formar expectativas y decidir precios está dada por su grado de generalidad, esto es, por el grado de homogeneidad de la función de expectativas de la mayor parte de los agentes que deciden precios. El modo de formar expectativas y decidir precios se revela correcto para cada agente si es el modo común de gran parte de los agentes que deciden precios.

Esto sólo puede ocurrir en el caso en que las señales adicionales sean más o menos habituales. Es el caso en que la información que se adiciona a la inflación pasada haya sido experimentada suficientemente como para tender a homogeneizar su incorporación a las expectativas inflacionarias.

A estos casos hacen referencia las "condiciones de normalidad" que mencionamos más arriba. Normalidad implica una situación más o menos conocida, en la cual las variables que proveen información adicional de tendencias a la aceleración o desaceleración y la magnitud de sus tasas son señales interpretadas de modo común por la mayor parte de los agentes.

Una situación normal ideal es aquélla que hipotetizamos anteriormente, en la cual no existen señales presentes que marquen tendencias de la tasa de inflación.

La experiencia de la economía en el régimen de inflación alta muestra que tienden a establecerse por períodos condiciones de normalidad inflacionaria en las cuales las expectativas y las decisiones de precios son las que describimos. La experiencia también muestra que esas modalidades y comportamientos no son automáticos, sino que están condicionados por la información adicional que reciben los agentes. Si la "noticia" tiene suficiente entidad, las expectativas dejan de basarse en la inflación pasada y se fundan exclusivamente en conjeturas sobre el futuro.

Cuanto más "sorpresiva" sea la información adicional y mayor su impacto previsible, mayor será la incertidumbre de las expectativas inflacionarias y mayor la confusión (entendida como una mayor diversidad de expectativas inflacionarias). Hay, en consecuencia, más "equivocaciones" en las decisiones de precios. En estas circunstancias, las empresas tienden a cubrirse de las pérdidas de capital que resultarían de decidir tasas de aumento inferiores a la tasa de inflación. Este sesgo hacia arriba de las decisiones de precios en momentos de alta incertidumbre impulsa por su cuenta la aceleración inflacionaria.

El *shock* es la situación opuesta a la normalidad. La noticia tiene entidad suficiente como para que resulte evidente que es irracional fundar la expectativa inflacionaria en las tasas pasadas, de modo que las expectativas inflacionarias descansan exclusivamente en conjeturas sobre el futuro. El *shock* obliga a los agentes a cambiar su manera de crear expectativas, forzándolos a formular explícitas consideraciones sobre el futuro.

En la Argentina, los episodios más habituales de este tipo han sido las maxidevaluaciones. Un ejemplo muy conocido es el "Rodrigazo", ocurrido en junio de 1975.

En el mercado de trabajo llevó a la "desindexación" de los salarios y a su recontratación en función de la inflación esperada. La maxidevaluación hizo inútiles los modos habituales de formular expectativas. Las decisiones de precios adoptadas como consecuencia del *shock* impulsaron adicionalmente la inflación, produciendo *a posteriori* un incremento de los márgenes sobre los costos primarios.

Vale la pena señalar que durante el proceso de adaptación que llevó a la configuración del régimen de inflación alta, los *shocks* aceleradores actuaron como elemento impulsor de los cambios adaptativos, precisamente porque pueden facilitar su coordinación. El *shock* es una noticia de suficiente notoriedad como para ser recibida simultáneamente por una gran cantidad de agentes. Actúa, entonces, como señal para la modificación simultánea (coordinada) de modalidades de contratación y también de conductas.

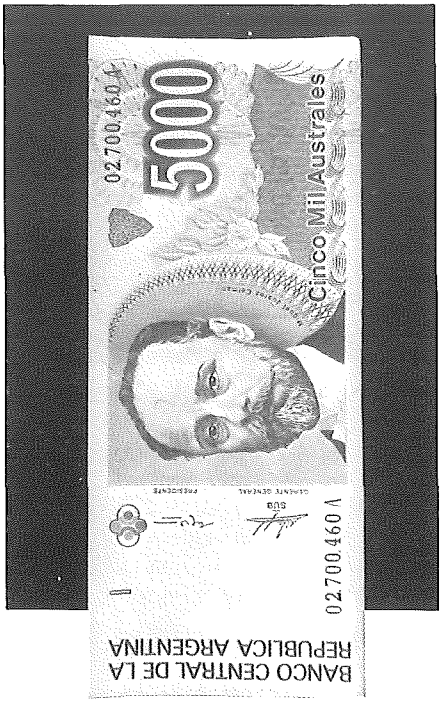
Es precisamente esa capacidad de los *shocks* de provocar un quiebre en el modo de formar expectativas lo que fundamenta las políticas de estabilización del tipo del Plan Austral, que consisten en provocar un *shock* estabilizador. El impacto de los anuncios debe ser suficiente para inducir a los agentes a cambiar el modo en que venían formulando expectativas inflacionarias y, al mismo tiempo, provocar una revisión de los contratos indexados explícitos o implícitos. Además, debe proveer señales que induzcan la renegociación de los contratos, las expectativas y las decisiones de precios en función de una nueva (baja) tasa de inflación. Los anuncios sobre el futuro deben ofrecer una señal coordinadora de las decisiones individuales que reemplace a la coordinación que proporcionaba la tasa de inflación pasada.

La experiencia del Plan Austral y otros *shocks* estabilizadores, llevados a cabo posteriormente en la Argentina y en otros países, suministra varias lecciones. En primer lugar, el éxito de las experiencias, en lo que hace a la factibilidad de provocar una rápida y drástica reducción de la inflación, señala la verosimilitud del diagnóstico esbozado en las páginas precedentes. En segundo lugar, el comportamiento de la economía con posterioridad al *shock* muestra que la desindexación de los contratos y de las expectativas es transitoria. Aun con tasas de inflación mucho más bajas, las modalidades de indexación, los contratos cortos y los modos de formular expectativas propias del régimen de inflación alta reaparecen muy rápidamente después del *shock*. Como veremos enseguida, la vigencia del régimen de inflación alta impone una gran volatilidad a la tasa de inflación (y a la actividad económica) y, en consecuencia, constituye uno

de los grandes obstáculos a la permanencia de las tasas más bajas de inflación logradas por el *shock*.

Es necesario introducir aquí la noción de inflación inercial, que tiene dos connotaciones diferentes. La primera es la de un concepto teórico; la segunda se refiere a un aspecto del comportamiento efectivo de la economía.

Como concepto teórico, la inflación inercial se refiere al comportamiento de la tasa de inflación en una economía ideal. En esta economía rigen contratos nominales indexados y las expectativas inflacionarias se conforman del modo descrito anteriormente. Los precios que determina el gobierno, como el tipo de cambio y las tarifas públicas, están indexados. En ausencia de perturbaciones de oferta y de demanda y de otras presiones inflacionarias, como las provenientes de la puja distributiva, la tasa de inflación es inercial. Es decir, la tasa de inflación vigente es igual a la pasada y los precios relativos permanecen estables.



Es obvio que tal modelo teórico no pretende describir el comportamiento efectivo de la inflación en ninguna situación económica real. La observación pone el acento en la idea de que una economía indexada puede tener un equilibrio inflacionario, en el cual existe inflación porque existió inflación en el período precedente.

La segunda connotación se refiere al *componente inercial* de la inflación en una economía en la cual predominan contratos indexados y las expectativas se asientan parcialmente en la inflación pasada.

En tal economía se verifican todas las circunstancias que se suponen inexistentes en el modelo teórico descrito. Según los períodos y los objetivos, las políticas cambiarias y tarifarias son más o menos activas y no se reducen a indexar las variables que maneja el gobierno; se presentan perturbaciones de oferta y de demanda y se verifican presiones distributivas.

Estas políticas, perturbaciones y presiones determinan la tasa de inflación en conjunto con el *componente inercial* que "traslada" la inflación pasada por la vía de los contratos y las expectativas.

Colocar así la cuestión permite sintetizar las principales conclusiones del análisis del régimen de inflación alta de la siguiente manera.

En primer lugar, el período precedente cuya tasa incorpora la componente inercial a la tasa de inflación presente es más "corto" cuanto menor es la extensión de los contratos y el período de referencia de las expectativas. En el régimen de inflación alta argentino, donde la extensión de los contratos y el período de referencia de las expectativas han sido llevados al límite impuesto por la disponibilidad de información, el componente inercial es la última tasa mensual disponible.

En segundo lugar, la magnitud del efecto inflacionario de los *shocks*, perturbaciones y presiones distributivas, es mayor cuanto menor es la extensión de los contratos y el período de referencia de las expectativas. En las condiciones límites del régimen de inflación alta ya descritas, los *shocks*, perturbaciones o presiones distributivas que impactan la tasa de inflación en un determinado mes "trasladan" su efecto completo a la tasa del mes siguiente por la vía de los contratos mensuales y las expectativas con base mensual. El *shock* o perturbación de un determinado mes adiciona su impacto completo al componente inercial del mes siguiente.

De esta manera, el impacto inflacionario

"permanente" de los *shocks*, perturbaciones y presiones distributivas que se experimentan en toda economía es mayor si ésta opera bajo un régimen de inflación alta y es máximo, si este régimen ha sido llevado al límite de sus posibilidades, como en el caso argentino.

La *volatilidad* de la inflación se refiere a la magnitud de la aceleración inducida por cualquier impulso inflacionario, y ha significado una fuerte variabilidad de la tasa de inflación. Esta puede ser observada en la figura 1, que expone las tasas trimestrales de inflación medidas por el Indice de Precios al Consumidor (IPC) desde comienzos de 1977. En todos los casos, las desaceleraciones resultaron de la acción de políticas antiinflacionarias. Los factores de aceleración fueron diferentes según los períodos, pero tuvieron primacía los *shocks* cambiarios y de precios públicos que tendieron a ajustar desequilibrios del sector externo y fiscales.

No tenemos espacio suficiente en este artículo para desarrollar un análisis de los efectos reales de las fuertes variaciones de las tasas de inflación, pero algunos gráficos ilustran su significación. El principal punto es que la inestabilidad de la inflación constituye la más significativa fuente de inestabilidad del nivel de actividad. Los efectos de las aceleraciones y desaceleraciones de la inflación dominan las variaciones de la demanda efectiva, constituyendo la explicación más significativa del proceso espasmódico que mostró la actividad productiva desde mediados de la década de los setenta.

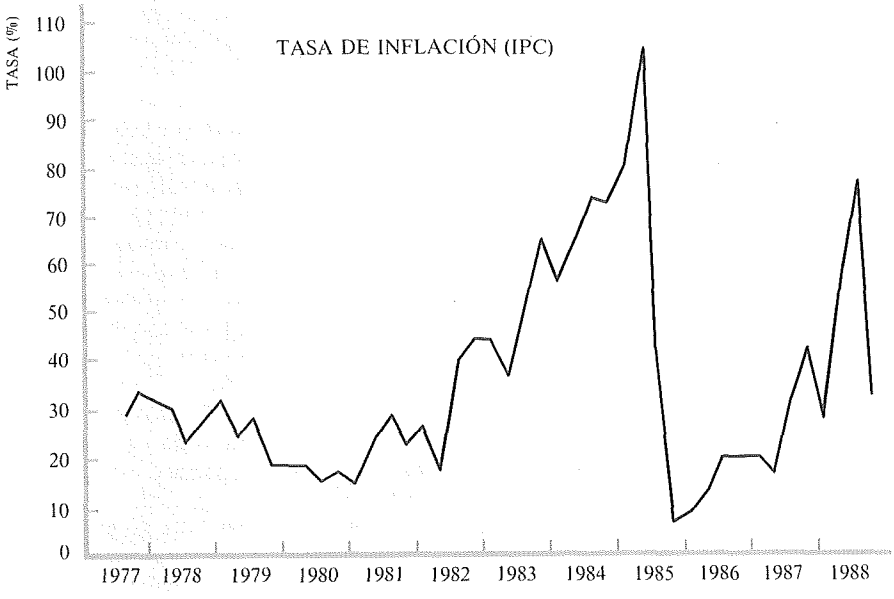


Fig. 1. Evolución de las tasas de inflación (IPC) por trimestres en el período 1977/1988.

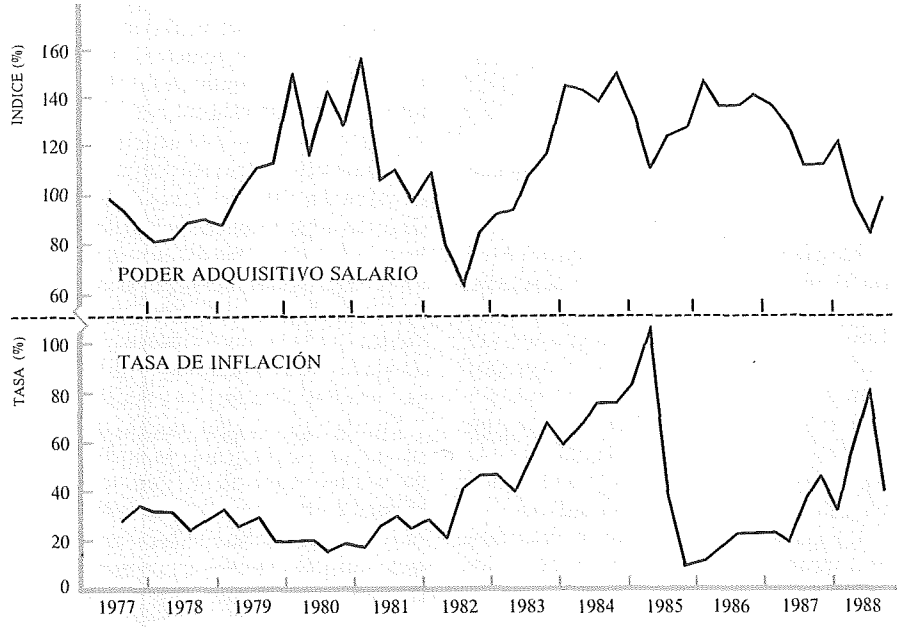


Fig. 2. Evolución de las tasas de inflación (IPC) y del poder adquisitivo del salario (salario total medio de la industria) en el período 1977/1988.

La figura 2 se refiere a la relación entre tasas de inflación y poder adquisitivo de los salarios. En la parte superior se muestra la evolución de las medias trimestrales del poder adquisitivo del salario total medio de la industria.

Por los mecanismos de indexación vigentes, la tasa de aumento del salario nominal está principalmente determinada por la tasa pasada de aumento del IPC. Por otro lado, el poder adquisitivo del salario que se fija para regir por un período (digamos, un mes) depende de la tasa de inflación del lapso que transcurre hasta que el pago se efectiviza, y de la tasa de inflación del período siguiente. De esta manera, la variación del poder adquisitivo del salario está principalmente determinada por las aceleraciones y desaceleraciones de la inflación.

En la parte inferior del gráfico está expuesta la evolución de las tasas de inflación en el período considerado. Salvo en el año 1983 (durante el cual se dio una sobreindexación del 4% mensual, en promedio) es clara la relación inversa entre la tendencia de la inflación y la tendencia del poder adquisitivo del salario, y particularmente ostensible en el período que se inicia a principios de 1984.

La principal conclusión que puede extraerse de las observaciones es que las aceleraciones y desaceleraciones de la inflación constituyeron el factor explicativo más importante de las fluctuaciones del poder adquisitivo de los salarios. Debe aclararse que el argumento no afirma que las variaciones de la tasa de inflación constituyen la *única* explicación de las tendencias del poder adquisitivo de los salarios, sino que, dadas las violentas fluctuaciones que experimentan las tasas de inflación, éstas constituyen su principal determinante.

La serie de salarios que analizamos en este punto corresponde a los promedios mensuales de remuneraciones de la Encuesta Industrial del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). Pero, dado que las tasas de inflación pasadas son el principal componente explicativo de su dinámica, las variaciones de la serie del poder adquisitivo de los salarios industriales pueden considerarse una aproximación de las variaciones del poder adquisitivo de otros ingresos nominales, cuyo valor se determina principalmente por la indexación como, por ejemplo, otros ingresos asalariados. (Cabe se-

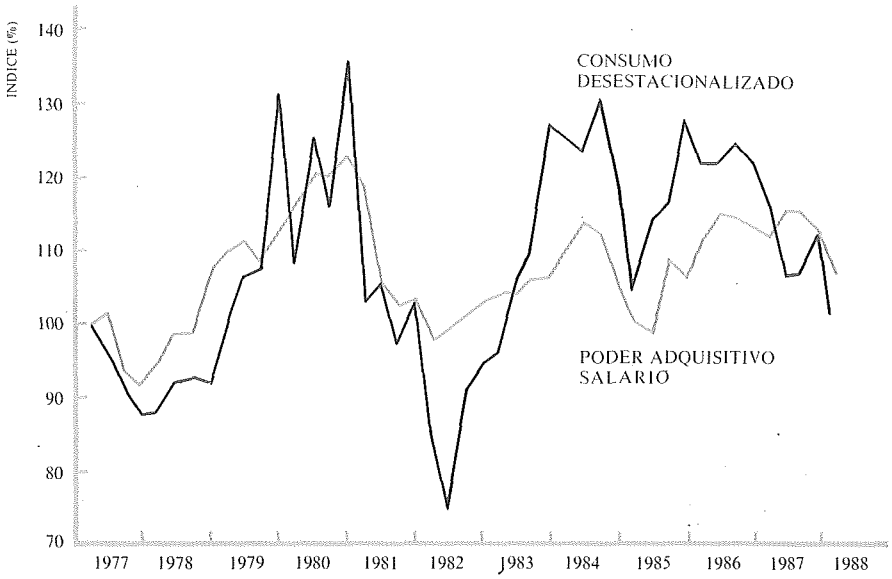


Fig. 3. Evolución del consumo desestacionalizado y del poder adquisitivo del salario en el período 1977/1988.

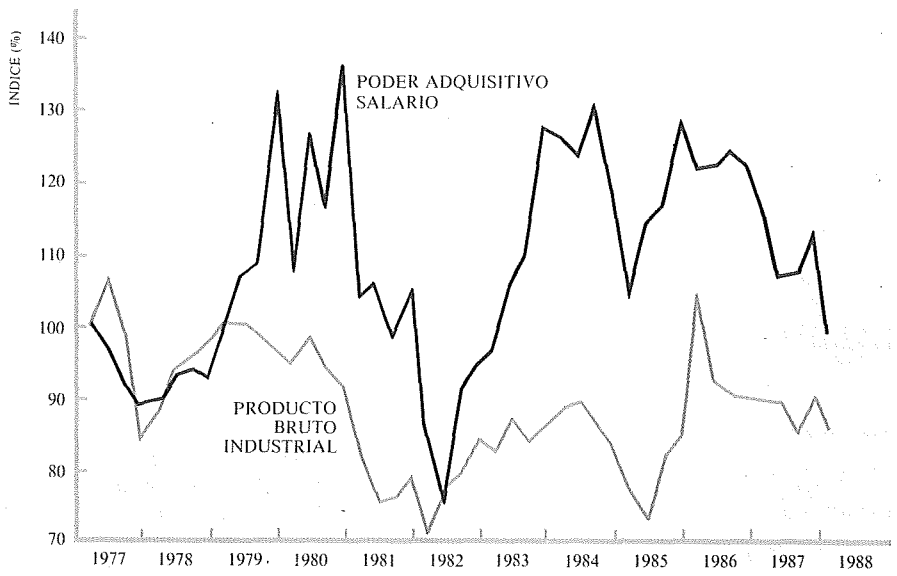


Fig. 4. Evolución del Producto Bruto Industrial y del poder adquisitivo del salario en el período 1977/1988.

ñalar que, interpretada de esta manera, la serie indica tendencias del poder adquisitivo de esos ingresos, pero no se presta para comparaciones de largo plazo.)

En la figura 3 aparecen superpuestas las series correspondientes al consumo desestacionalizado y el poder adquisitivo del salario, como índices con base 1 en el segundo trimestre de 1977. El consumo es el medido por las cuentas nacionales. Por el método de construcción no mide exactamente ni las transacciones de consumo ni la producción de bienes y servicios con ese destino. Sin embargo, en tanto lo que interesa son las variaciones de la serie, no se incurre en distorsiones muy significativas.

La asociación entre las fluctuaciones del poder adquisitivo del salario (explicadas por las aceleraciones y desaceleraciones de la inflación) y las variaciones del consumo resulta evidente. La existencia de una proporción de la demanda de consumo relativamente estable (independiente del ingreso corriente) explica la menor amplitud de las fluctuaciones del consumo con relación a las del poder adquisitivo del salario.

La misma correlación puede observarse en la figura 4, donde se expone la evolución del Producto Bruto Industrial.

El examen de los datos es claro. Las aceleraciones de la inflación, de la magnitud que experimentó la economía argentina, producen fluctuaciones del poder adquisitivo inconcebibles en una economía más estable. Una proporción importante de los ingresos (importante en términos de población y de consumo), de los cuales el poder adquisitivo del salario es una variable aproximada, está expuesta por su forma de determinación a esas fluctuaciones. De esta manera, la demanda efectiva de consumo y la producción industrial están sujetas a la misma inestabilidad.

Esta característica del régimen de inflación alta, derivada de la volatilidad que le impone a las tasas de inflación, no es la única que traba las posibilidades de crecimiento, pero su importancia no puede subestimarse. En este sentido, el análisis converge a señalar la estabilización de tasas bajas de inflación como condición necesaria para la recuperación de la inversión y el crecimiento.

El sector externo de la economía argentina tiene un desequilibrio estructural generado por la deuda y la restricción de financiamiento internacional. Pese a esto, hasta comienzos del presente año, la posición de reservas y las condiciones de negociación con los acreedores, instituciones internacionales y gobiernos extranjeros, permitieron, luego de cada *shock* devaluatorio, estabilizar por un tiempo la tasa de devaluación. En eso consistió, precisamente, que en cada caso la maxidevaluación fuera un *shock*, esto es, un episodio transitorio.

La posición de reservas, las condiciones de negociación y la incertidumbre que se configuró a partir de febrero de 1989 determinaron una tendencia explosiva del tipo de cambio. Esta dinámica no es independiente de la reacción de los precios internos y tampoco de la evolución de otras variables internas. Pero podemos tratarla aquí como un dato exógeno, a los fines de examinar la hiperinflación desde la perspectiva desarrollada en este artículo.

Señalamos anteriormente que el régimen de inflación alta es el límite de las posibilidades de supervivencia de la economía monetaria (es decir, con dinero nacional). En estas condiciones, el *shock* puede no limitarse a acelerar la inflación, sino también inducir cambios más permanentes en las modalidades de contratación y en las formas de formular expectativas y decidir precios.

En los términos del modelo que hemos formulado, la tendencia explosiva del tipo de cambio equivale a una sucesión de *shocks*. Esta empuja, por un lado, la aceleración inflacionaria e induce, por otro, los mencionados cambios en las instituciones. Desde esta perspectiva, la hiperinflación es el proceso de "disolución" del régimen de inflación alta. A medida que se producen dichos cambios, también aumenta la vola-

tilidad de la tasa de inflación, y se realimenta la aceleración.

Consideremos, en primer lugar, las decisiones de precios. Como ya fue mencionado, en condiciones de *shock* ellas se basan exclusivamente en conjeturas sobre inflación futura. Las expectativas tienden a fijarse en el tipo de cambio como variable líder de la aceleración inflacionaria. En tanto el precio decidido se exprese en dinero, el tipo de cambio relevante es el tipo de cambio futuro esperado y, en consecuencia, la decisión de precios está sujeta a riesgos de pérdida de capital. Ante un riesgo creciente, una forma de eludirlo es abandonar la expresión del precio en dinero y fijarlo directamente en dólares. Se observa entonces un proceso de "dolarización" de los precios.

Consideremos ahora los mercados con contratos explícitos, como los de trabajo y otros servicios. Ya señalamos que el *shock* acelerador hace intolerable la indexación a la inflación pasada (aun con mínimo período de reajuste) e induce la negociación en función de la inflación esperada. Ante la sucesión de *shocks* y la persistente aceleración de la inflación, se ensayan diversos recursos, como la reducción de los períodos de pago y de reajuste. Pero dadas las pérdidas de ingreso real y la creciente incertidumbre que conlleva la denominación en dinero, también en estos mercados surge la presión y la tendencia a expresar en dólares salarios y otros pagos contractuales.

Las posibilidades y la velocidad de transformación dependen de diversas condiciones: la ubicación en la trama de mercados, el poder de mercado, la fuerza de las restricciones legales, etc. Resulta evidente que el proceso de "dolarización" es intensamente conflictivo y asimétrico. Es un proceso de descoordinación de un régimen, mientras emerge una incipiente coordinación mediante la "dolarización". En un espectro de posibilidad y velocidad de "dolarización" se ubican en un extremo las empresas con mayor intensidad de insumos importados, mayor poder de mercado y menor efectividad de restricciones legales. En el otro, los asalariados de menor poder de negociación y el estado, sus empleados y las actividades que de él dependen.

Los efectos reales del proceso son muy intensos. Los sectores con menos capacidad y poder de "dolarización" reducen dramáticamente su poder adquisitivo. Los efectos ingreso, del tipo de los expuestos precedentemente pero de inusual intensidad, producen inicialmente una fuerte reducción de la demanda efectiva, que se multiplica si el proceso perdura, con la consiguiente caída de la actividad productiva y el empleo.

Los procesos hiperinflacionarios no se detienen espontáneamente. Constituyen en realidad la descomposición de las relaciones de producción y trabajo que no convergen por sí solas a un nuevo régimen. La experiencia internacional muestra que al cabo de un período más o menos prolongado, de cuya extensión es función directa el costo económico y social del proceso, las hiperinflaciones terminaron con la ejecución de un *shock* estabilizador. El ingrediente común de esas políticas fue la estabilización del tipo de cambio.

Esa estabilización es una condición necesaria de cualquier política de freno de la hiperinflación. Con relación a este punto, los economistas pueden discrepar sobre qué otros ingredientes debe contener un *shock* estabilizador, pero ninguno dejaría de colocar la estabilización del tipo de cambio como una condición indispensable. ⊙

LECTURAS SUGERIDAS

FRENKEL, R. (1979), "Decisiones de precio en alta inflación", *Desarrollo Económico*, N° 75, Buenos Aires.

FRENKEL, R. (1986), "Salarios e inflación en América Latina", *Desarrollo Económico*, N° 100, Buenos Aires.

HEYMANN, D. (1986), *Tres ensayos sobre inflación y políticas de estabilización*, CEPAL, Buenos Aires.

LOPES, F. (1986), *O Choque Heterodoxo*, Ed. Campus, Río de Janeiro.

OCAMPO, J. A. (compilador), *Planes Antiinflacionarios recientes en la América Latina*, Num. Especial de *El Trimestre Económico*, México, setiembre de 1987.

COSMOLOGÍA

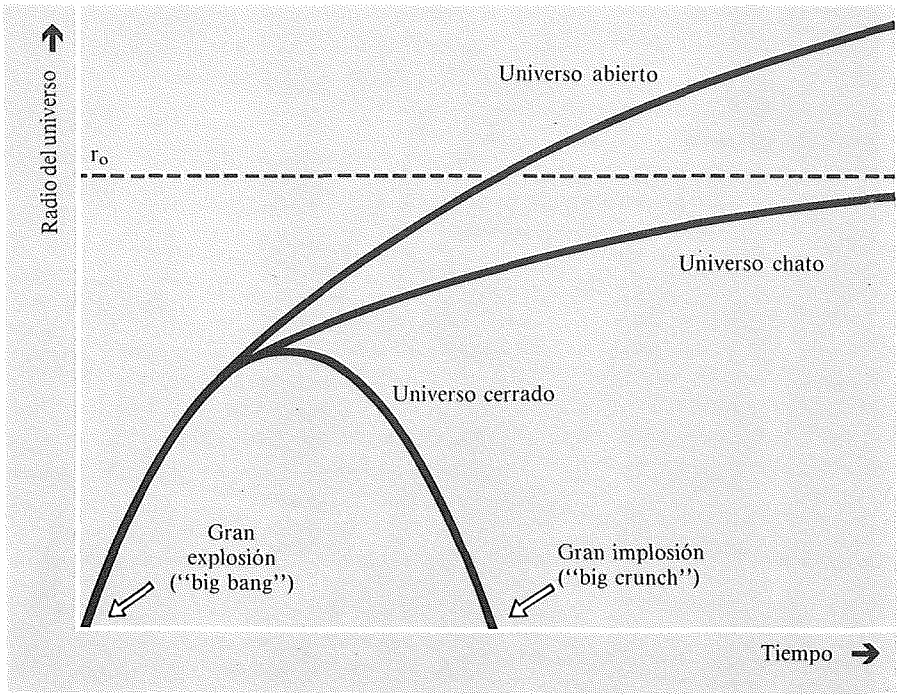
¿Es metafísica la inflación cosmológica?

El término inflación designa no sólo a un conocido (y temible) fenómeno económico, sino también a una teoría cosmológica. La pregunta que titula esta nota se origina en una corriente de la física actual liderada por Stephen Hawking (mundialmente conocido tanto por su brillantez como científico cuanto por su devastadora discapacidad) y algunos colegas y discípulos, quienes consideran que ciertas cuestiones que trata de resolver la teoría inflacionaria del universo son, por naturaleza, metafísicos. Tales autores sugieren que, si bien el modelo inflacionario sirve para entender algunos problemas cosmológicos, no debe perderse de vista que no existe evidencia experimental en su apoyo. Metafísica, después de Kant, adquirió un significado más o menos común: trata del estudio de las cuestiones que no pueden ser ni probadas ni refutadas por experimentos científicos. Pero la inquietud que subyace a la pregunta va más allá de la opinión que un grupo de científicos pueda tener de los trabajos desarrollados por otros. Lo que pretende Hawking (tal como lo expone en su libro *Historia del tiempo*, dado a conocer recientemente en castellano) y otros físicos como T. Rothman y G. Ellis*, es que, antes de seguir produciendo gran cantidad de trabajos teóricos, los científicos deben estar alertas frente a la posibilidad de cruzar la borrosa frontera entre la física y la metafísica.

Para poder hablar de la inflación debemos previamente dedicar al menos un párrafo al modelo cosmológico del "big bang" (o modelo standard, como también se lo llama por su aceptación universal). Este nació del descubrimiento, a principios de siglo, de que nuestro universo se expande, posiblemente a partir de un estado inicial extremadamente denso. El modelo del "big bang" presupone que toda la materia y la radiación contenida en el universo comenzó a expandirse a partir de cierto momento (algo así como entre 10.000 y 20.000 millones de años atrás) y todavía lo sigue haciendo. El modelo cubre un período comprendido entre el primer nanosegundo de vida del universo (10^{-9} S) hasta los aproximadamente 300.000 años de vida del mismo. Sus resultados más exitosos (y espectaculares) son dos: predice correctamente la abundancia de helio y deuterio en el universo (magnitudes que podemos medir) y exige la presencia de una radiación cósmica de fondo. La última predicción fue confirmada en 1965 por Arno Penzias y Robert Wilson, quienes investigando fuentes de interferencia en ondas de radio, descubrieron este débil eco.

El modelo standard no deja, sin embargo, de tener problemas. Existe uno que soslayaremos y que es la llamada "singularidad espacio-temporal en el origen". Aunque ignoremos esta dificultad surgen otras dos: la isotropía (y homogeneidad) del universo y el denominado "problema de la chatura". Ambos problemas se pueden ilustrar con un par de ejemplos. El primero: supongamos que el universo comenzó hace 15.000 millones de años. Una noche, observando con instrumentos adecuados cierta región del cielo detectamos un grupo de cuasares (los objetos estelares más alejados que conocemos) a 8.000 millones de años-luz de distancia. Si miramos exactamente en la dirección opuesta veremos otro grupo de cuasares, muy similar al anterior, que se hallan también a una distancia aproximada de 8.000 millones de años luz. Pero he aquí el problema: si la distancia que separa a los dos grupos fuera mayor que la distancia que la luz recorrió desde el origen mismo del universo, ellos jamás hubieran podido transferirse información (nada viaja más rápidamente que la luz). Se dice que los grupos están "causalmente desconectados". Pero si esto es así, ¿por qué resultan ambos tan semejantes en apariencia y en su estado de evolución? Es como si ambos poseyesen un origen común y hubiesen estado sujetos a los mismos procesos físicos desde el mismo comienzo. En suma, el universo que observamos resulta ser, en gran escala, idéntico cualquiera sea la dirección en que miremos. Más aún, enfocando una región al azar, la distribución de galaxias y cuasares resulta ser increíblemente homogénea. Pongámoslo de este modo: la estructura actual del universo a partir de un estado caótico inicial es tan improbable como la conocida utopía de pretender obtener una copia del Quijote por el mero hecho de sentar a un mono frente a una máquina de escribir.

El segundo problema involucra la "chatura" del universo. En la teoría de la relatividad general existe una magnitud que se denomina "densidad de energía". Para un universo isótropo y homogéneo, como el que



Para un valor crítico de la densidad de energía, la velocidad de expansión del universo tiende asintóticamente a cero y, por tanto, su radio se aproxima a un valor definido r_o: el universo es "chato". Los universos "abiertos" se expanden sin límite, mientras que los "cerrados" se expanden durante cierto período y luego el proceso se revierte hasta culminar en una "gran implosión".

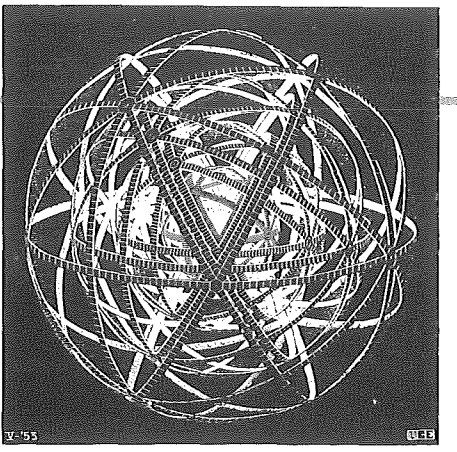


Ilustración de M. C. Escher

acabamos de describir, las ecuaciones de Einstein relacionan esta magnitud con la velocidad de expansión del universo. Así, para un cierto valor crítico de la densidad de energía, tal que la velocidad de expansión irá disminuyendo hasta acercarse asintóticamente a cero, sin alcanzarla nunca, el universo resulta "chato".

Si la densidad de energía es mayor que la crítica, seguirá expandiéndose para siempre, sin límite, y el universo resultará "abierto". Si en cambio la densidad de energía observada es mayor que la crítica entonces decimos que el universo es "cerrado". En algún momento la expansión se detendrá y la atracción gravitatoria revertirá el proceso hasta culminar lo que eventualmente sería un "big crunch", una gran implosión (véase la figura). El cuadro es más o menos el siguiente: existen infinitos universos posibles con valores de densidad de energía *menores* que la crítica, infinitos universos posibles con valores de densidad de energía *mayores* que la crítica y un solo universo posible con un valor de densidad de energía *igual* a la crítica. Y ocurre que la densidad de energía observada de nuestro universo (el único del que disponemos) es, sorprendentemente, muy próxima a la crítica.

Podría tratarse de una coincidencia, pero los físicos siempre se sintieron incómodos con las coincidencias y buscan explicaciones más profundas.

La inflación cosmológica hace su entrada en 1981 de la mano de Alan Guth, un joven físico del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). La idea original de Guth sugería que durante un período muy breve (desde 10^{-35} hasta 10^{-30} segundos de vida del universo) el espacio sufrió una inmensa expansión, de órdenes de magnitud mayores que la expansión que siguió luego durante el desarrollo del "big bang". Es difícil imaginarse como un proceso que dura tan poco y que ocurre tan al comienzo de la historia del universo puede resolver los problemas de isotropía, homogeneidad y curvatura del universo; pero es así. Antes, y para darnos una idea de la cantidad involucrada, pensemos al universo como una bandita elástica de tamaño semejante al de un anillo de casamiento. El período inflacionario de Guth hará entonces estirar esta gomita hasta el límite del universo conocido, esto es, en un factor de 10^{30}. El problema de la homogeneidad e isotropía (también llamado del "horizonte") queda resuelto porque cualquier pequeña región del universo causalmente conectada antes de la inflación se estirará hasta ocupar una inmensa región del espacio. Aunque luego se hallan "desconectados" diferentes pedazos de esta región original, su evolución estará correlacionada porque su origen reconoce una pequeña región causalmente "conectada". El problema de la "chatura" también encuentra una solución fácil en el modelo inflacionario y en realidad ella está íntimamente ligada con la solución del problema anterior. El modelo predice que cualquiera haya sido la densidad de energía del universo antes de la inflación, cuando ésta se inicia la densidad de energía adopta un valor constante. Cuando la inflación termina, la densidad de energía cae a otro valor constante, que es el que actualmente medimos. Como el universo permanece homogéneo e isótropo, las ecuaciones de Einstein fuerzan a que esta densidad sea la crítica. Dicho de otro modo, la inflación hace que el valor de la densidad crítica, que se calcula por medio de constantes obtenidas experimentalmente, sea siempre igual al de la densidad actual del universo.

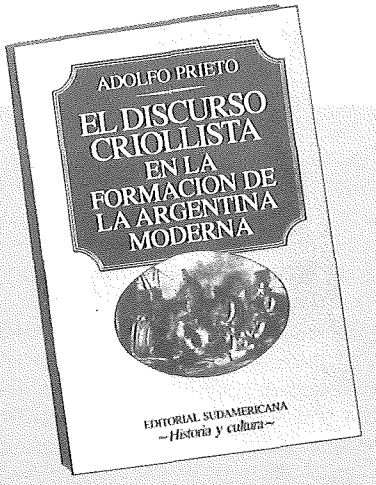
Hasta aquí entonces la descripción de lo que la inflación hace. Ahora bien, explicar por qué lo hace es algo muy diferente. Sólo agregaremos que el mecanismo de la inflación opera dentro de una teoría de campos que satisface ciertos requisitos. Y las teorías actuales de gran unificación (GUT, de su acrónimo en inglés) los cumplen en su mayoría. He aquí otro motivo de entusiasmo para profundizar el modelo inflacionario. La cosmología y la teoría cuántica de campos casan a sus hijos predilectos para explicar la posible evolución del universo. El modelo inflacionario dentro del esquema de las GUT proporciona un camino para eliminar ciertas arbitrariedades que de otra forma deberían fijarse *ad hoc* en las condiciones de contorno. No sólo eso: resulta que, independientemente de la densidad inicial del universo, la densidad actual debe ser la crítica. Cualquier modelo o teoría que muestre que el estado final de un sistema es independiente de las condiciones iniciales es muy poderoso. Porque ello ocurre en el caso del modelo inflacionario, muchos físicos teóricos lo favorecen y hasta ha llegado a divulgarse que se trata de una teoría ya corroborada.

Luego de este rápido viaje a través del "big bang" y la inflación cosmológica llegamos entonces a la pregunta que origina la nota. Hawking, Ellis y Rothman, entre otros, han empezado a señalar últimamente que el entusiasmo generado por la inflación es, en cierto modo, infundado, ya que no existe evidencia experimental que sustente o refute la teoría. De esta forma, y de acuerdo con la definición práctica que hemos dado de la metafísica al comienzo de este artículo, el modelo inflacionario parece estar dando pasos hacia ese terreno. La pregunta del título recibe por parte de estos autores una respuesta afirmativa. ¿En qué se basa? Esencialmente en que los problemas que hemos mencionado y que la inflación se propone resolver son muy diferentes a predecir, por ejemplo, un desfasaje en la órbita de Mercurio o las líneas espectrales del helio, cuestiones donde se pueden cotejar teoría y experiencia. Los problemas del "horizonte" y de la "chatura" resultan sospechosos para estos físicos, dado que sólo existe un único universo a nuestra disposición para su estudio y nadie puede atribuirse con certeza el conocimiento del comportamiento de los universos en general. Es imposible deducir si un universo promedio entre los posibles debiera ser chato o curvo, isotrópico o anisotrópico, homogéneo o inhomogéneo. Bien podría suponerse que en su origen el universo ya era chato, isótropo y homogéneo. Así no existiría el problema. Luego, no habría necesidad de recurrir al modelo inflacionario.

Yendo un paso más allá, la inflación sólo sería correcta si las GUT lo fuesen, pero hasta ahora la única predicción medible de éstas, el decaimiento del protón, no ha sido observada en el laboratorio a pesar de los elaborados experimentos que se han realizado con este propósito. Si las GUT fueran finalmente desechadas, lo sería también la inflación. La advertencia que hacen Hawking, Ellis y Rothman es que, aun cuando es muy prematuro desterrar la inflación, una teoría estéticamente muy satisfactoria, los físicos se están acercando a la frontera donde la ciencia no se basa en la evidencia experimental ni hace ya predicciones medibles: si se cruza este límite se deja el mundo de la física y se ingresa en el de la metafísica.

* Rothman, T. y Ellis, G., *Astronomy*, vol. 15, n.2, febrero de 1987.

Aníbal Gattone
Departamento de Física
Comisión Nacional de Energía Atómica



Adolfo Prieto, *El discurso criollista en la formación de la Argentina moderna*, Buenos Aires, Editorial Sudamericana, 1988, 244 págs.

Usos del criollismo

El último libro de Adolfo Prieto no sólo revalida los méritos intelectuales del autor de *La literatura autobiográfica argentina* (1966) y de *Estudios de literatura argentina* (1969): también profundiza y en cierto modo consuma la productividad analítica de un dispositivo teórico constituido en el entrecruzamiento de la crítica literaria y la sociología de la cultura. Puede fecharse la emergencia explícita de esta corriente en 1953 con la aparición de la revista *Contorno*, que contará entre sus animadores, además del mismo Prieto, a quienes como David Viñas elaboraron textos fundamentales dentro de la mencionada línea. Se organizó así una intervención teórica que desbordó el registro exclusivamente literario para expandirse hacia el más amplio ámbito cultural, pero además ella se tornó aún más significativa al fracturar severamente la hegemonía de la ensayística ontológico-intuicionista inspirada en la figura tutelar de Ortega y Gasset pero también de Keyserling. Sin embargo, más que con una metodología precisamente diseñada, quienes venían a innovar dentro de la historiografía de la cultura contaban con una serie de estímulos intelectuales que formaban parte de un movimiento más vasto, nítidamente filiable en una fuerte preocupación por "lo social". Y si la relectura del peronismo que en un momento produce esta fracción intelectual estará articulada con aquella preocupación, ella misma será tramitada desde parámetros nutridos de ideologemas sartreanos con incrustaciones a veces marxistas, prontamente potenciados en esos mismos años por la influencia de las ciencias sociales.

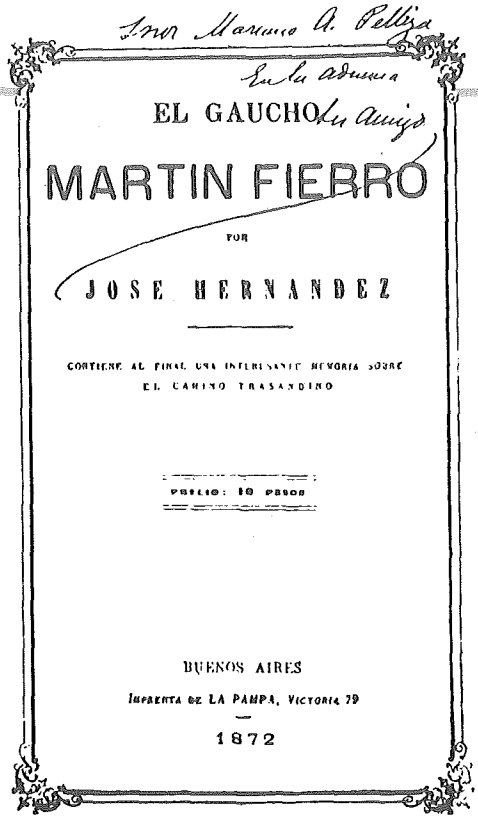
De ese modo, *El discurso criollista en la formación de la Argentina moderna* ha sabido utilizar con rigor aquel venero sobre el *corpus* generoso de la "Biblioteca Criolla" reunida por Roberto Lehmann-Nitsche y que, depositada en el Instituto Iberoamericano de Berlín, conforma "aparentemente la más importante colección de folletos e impresos criollistas en existencia" (pág. 9). La investigación elaborada sobre esas bases por Adolfo Prieto está organizada en tres recortes temáticos: configuración de los campos de lectura entre 1880 y 1910; la red textual definida por el *Martín Fierro*, el *Juan Moreira* de Eduardo Gutiérrez y diversas versiones de la leyenda de Santos Vega, y finalmente la interpretación del arco de funciones cubiertas por el criollismo.

En el primer aspecto, la constitución de un público lector da cuenta de una situación que en rigor recorre el conjunto de la investigación de Prieto: ya que si bien la excepcional ampliación de los espacios de lectura venía a traducir el igualmente excepcional crecimiento de la instrucción pública (por ejemplo, el censo educativo de 1909 registra sólo un 4% de analfabetismo en Buenos Aires entre los niños de trece años), se observa no obstante un desarrollo asimétrico entre el circuito culto y el de los sectores populares. Para el primero, el objeto en que se imprimen sus mensajes sigue siendo fundamentalmente el libro, y son conocidas las lamentaciones de Cané, Darío, Manuel Gálvez o Giusti sobre la escasez de su demanda incluso en Buenos Aires, hasta el punto de que en aproximadamente treinta años no modificó las dimensiones de su reducida esfera. Por el contrario, contemporáneamente se verifica una tumultuosa irrupción y crecimiento de la prensa periódica, suficientemente ilustrada con un par de casos extraídos del trabajo de Prieto: para 1885 en la Argentina existía un promedio de periódicos per cápita que la colocaban en los primeros lugares de ese rubro dentro del promedio mundial y sólo detrás de los Estados Unidos de América, Suiza, Gran Bretaña, Francia y Bélgica; por otra parte, de la edición especial de *La Prensa Argentina*, con motivo de la repatriación de los restos de Sarmiento, se vendieron 64.000 ejemplares. Por fin, piénsese que a los grandes periódicos de la época debe sumársele el también crecido número de ejemplares que producía la prensa anarquista y socialista, con lo cual resulta corroborado el juicio de *La Nación* del 4 de enero de 1888 que Prieto transcribe: "Los diarios acaparan todos los lectores. El libro pierde terreno" (pág. 48).

Existió empero un caso que mostró la primera objetivación de la expansión del público lector también en el campo del libro: los célebres 48.000 ejemplares de *El gaucho Martín Fierro* vendidos en los primeros seis años, y especialmente en las áreas rurales, iban a cobrar otro significado, en tanto síntoma de una disputa que prontamente Prieto verá entablada por la cultura culta en su afán por apropiarse de ese tipo de producción literaria para mejor oponerse a lo que habría considerado sus aspectos disolventes respecto del modelo de país programado.

Esto significa que, lejos de haber permanecido como esferas incontaminadas, se produjo una trabada vinculación intertextual entre las expresiones de la cultura popular y de la culta, y que en el caso del criollismo su difusión operó tan determinadamente en el interior de la cultura letrada que sólo a partir de dicha intertextualidad es posible detectar el sentido de algunos movimientos observables dentro de esta última. De esa manera la indagación de Prieto se instala en el debatido problema de las relaciones entre cultura popular y culta, con la virtud de hacerlo con estrictas referencias a un aspecto puntual de este contacto y de poder ofrecer argumentaciones contrastables con la investigación histórica. Puede entonces referirse a ciertas recopilaciones de versos de payadores en las que el compilador cree sinceramente que Eduardo Gutiérrez incorporó a sus obras algunas décimas del auténtico Santos Vega que habían sido salvadas por la memoria popular, cuando en verdad una de dichas décimas se encuentra en otra novela del ciclo criollista, con lo cual se habría realizado el viaje inverso para migrar desde la producción de un intelectual hacia la cultura popular: "Estas rápidas verificaciones abren la sospecha, si no ya la sorprendida certidumbre, de que prácticamente la totalidad de los versos impresos en la novela de Gutiérrez pasaron a formar parte del *corpus* de una poesía que los especialistas registran como tradicional y anónima" (pág. 111).

Este contacto complejo entre ambos estratos culturales aparecía sobredeterminado por algunos efectos derivados del proceso de modernización que recorre y articula una auténtica problemática finisecular de la Argentina: el proyecto de nacionalización de las masas y la estrategia de disciplinamiento social. Más conocido el primero, esbozándose en el área de las investigaciones en curso el segundo, se sabe que la


EL GAUCHO

MARTIN FIERRO

POR

JOSE HERNANDEZ

CONTIENE AL FINAL UNA INTERESANTE MEMORIA SOBRE EL CAMINO TRASANDINO

PRECIO: 10 PESOS

BUENOS AIRES

IMPRENTA DE LA PAMPA, VICTORIA 79

1872

escuela pública y el servicio militar obligatorio constituyeron dos instancias de alcance desigual pero centrales para el cumplimiento de dicho proyecto. Desde el área particular de su objeto de análisis, Adolfo Prieto incluye el discurso criollista dentro de esta problemática y, mediante el análisis de los folletines cuyo modelo será *Juan Moreira*, descubre una perspectiva de indagación al mismo tiempo fértil y novedosamente procesada. Puesto que si la reacción que se recoge de parte de los contemporáneos pertenecientes al círculo culto oscila entre la fascinación y la cólera, ello se debería a que el moreirismo había sin duda ampliado el público lector pero en una dirección valorada como inconveniente, en la medida en que el diseño de sus héroes literarios no se avenía con el proyecto de disciplinamiento social. Pueden en este sentido citarse las tempranas críticas contenidas en el *Anuario Bibliográfico* dirigido por Navarro Viola, quien al informar en 1880 sobre la aparición del *Juan Moreira* no vacilaba en proclamar que se está ante "la literatura más perniciosa y malsana que ha producido el país", así como las condenas que en clave más pretendidamente sociológica llevaban a impugnar los rasgos de un carácter nacional anómalo que a su través se estaría cristalizando, como pudieron señalarlo a su turno Juan Agustín García o José Ingenieros con las correspondientes argumentaciones de sesgo criminológico. Y si de la complejidad por la apropiación del tema y del género dan cuenta asimismo las citas que el propio Prieto incluye de versos de payadores donde se critican los presuntos favores hechos por los gobernantes a los extranjeros en desmedro de los nativos, el mismo género podía albergar cancioneros anarquistas donde convivían una "Marsellesa anarquista", el tango "Guerra a la burguesía" y las "Milongas sociales" firmadas por El Payador Libertario, hasta desembocar en el caso más conocido de Alberto Ghiraldo y la revista que dirige y para cuyo título selecciona el nombre de *Martín Fierro*...

El notable éxito del folletín de Gutiérrez habría incluso introducido un "equívoco" que sólo poco después del Centenario Leopoldo Lugones corregirá desde su perspectiva: la de haber anexado al *Martín Fierro* a la serie abierta por el moreirismo. Había sin duda motivos temáticos que podía alentar semejante identificación. Después de todo –señala Prieto– *Juan Moreira* repite el esquema dramático del poema de Hernández: se trata igualmente de un campesino criollo perseguido por la justicia, cuya iniciación en el crimen va acompañada de la correlativa pérdida del sentimiento de integración social (pág. 90). Existen no obstante llamativas innovaciones también en este nivel, puesto que el desierto es sustituido como escenario por el de los asentamientos urbanos de la campaña o que servían de pasaje para las migraciones internas hacia Buenos Aires, pero además porque en el texto de Gutiérrez los combates del gaucho contra las partidas policiales no se hallan colocados como en el poema hernandiano en los aledaños de la trama sino que configuran el eje mismo de la narración. Y si aquel éxito fue incuestionable, ello se habría debido a que el folletín de Gutiérrez venía a satisfacer varias demandas simbólicas simultánea o alternativamente. A su público masivamente reclutado entre los sectores populares y constituido por la prensa periódica, ahora el héroe literario le era ofrecido en esa misma matriz material. En cuanto a su contenido, por una parte cumplía la función obvia de entretener, necesaria sin duda para abrirse paso hacia una mayor eficacia en el cumplimiento de las otras dos funciones que Prieto enfatiza. Siguiendo a Eco en sus análisis de *Los misterios de París* –el folletín paradigmático de Eugenio Sue–, podría observarse también en el moreirismo el montaje de una auténtica "estructura de la consolación", en tanto sus lectores podían experimentar la satisfacción por delegación de los deseos de venganza social que el héroe cumplimenta y que de ese modo se ofrece como mecanismo idóneo para la sublimación de las humillaciones padecidas. Y por fin –en uno de los puntos polemizables de las tesis tan verosímilmente elaboradas por Prieto–, ese folletín y sus análogos habrían servido como expresión de afanes de rebeldía o aun de revolución de los sectores que se reconocían en el perfil de su héroe: "y aunque de la última función no exista otra constancia que la provista por la menuda crónica policial, basta observar el recelo con que numerosos defensores del orden social establecido, desde Navarro Viola a Quesada, siguieron la difusión de estas novelas para admitir que la potencialidad catalizadora del descontento popular no era ajena a las mismas" (pág. 98).

José Hernández

El criollismo devino entonces el centro de una querella compleja porque cada uno de los actores sociales que lo tuvieron como punto de referencia proyectó en él los contenidos que les demandaba su particular inserción en esa sociedad aluvional. Pero aluvional no únicamente debido al formidable ingreso de extranjeros en el país; también por el peso de las migraciones internas, que arrojaron sobre las ciudades a una población nativa imbuida de hábitos campesinos. Pudo así darse según Prieto la paradoja de que en esas ciudades cosmopolitas "el tono predominante fue el de la expresión criolla o acriollada" (pág. 18), y la llave para desarmar esta paradoja habría que buscarla en la hipótesis de que el criollismo ofició como cemento simbólico destinado a articular el mosaico cultural y racial dentro de un campo plagado de tensiones y de líneas de fuga. Mientras los grupos

BRAUN MENÉNDEZ NOS FALTA POR TODAS PARTES

Cuando el gobierno peronista de los años cuarenta accede al poder, decide apropiarse de la Universidad, por entender que ésta se halla en manos de la clase social opresora. Pero, creyendo tal vez que la Universidad son los ladrillos de sus paredes, prescinde de su gente y así "jubila" a Houssay de facto el 6 de septiembre de 1946, y quita también de en medio a su grupo de trabajo, en el que, entre otros, descuella Eduardo Braun Menéndez, jefe de Investigaciones Cardiovasculares.

Houssay y un puñado de colaboradores pasan entonces a trabajar en una casona en la cuchilla de Costa Rica y Julián Alvarez, el Instituto de Biología y Medicina Experimental, entidad creada *ad hoc* por especial gestión de Braun Menéndez, que pronto se erige en la Meca de la Fisiología Argentina.

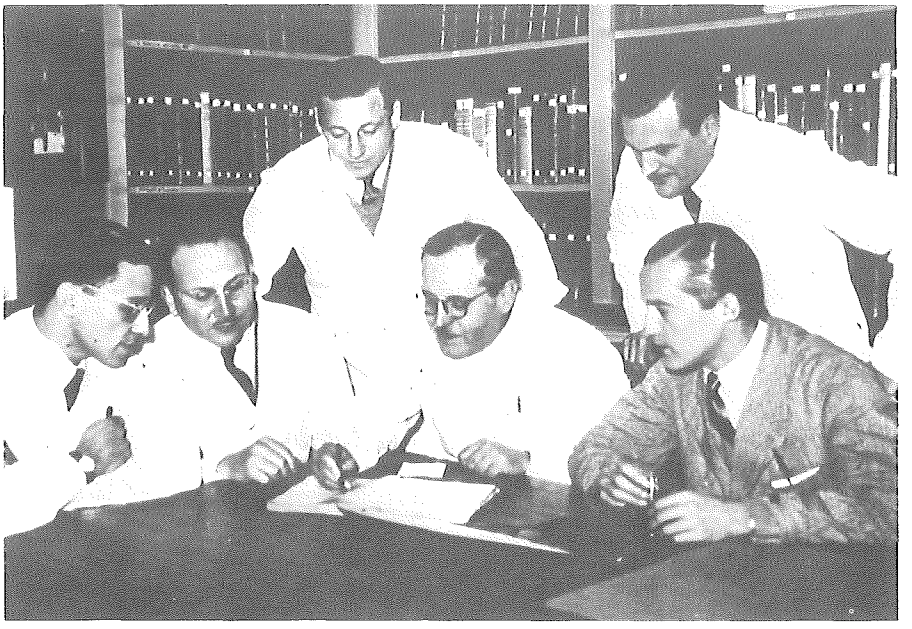
Braun Menéndez, junto con otros investigadores, funda luego el Instituto Católico de Ciencias, allá por donde Carlos Pellegrini se opone al paso de la calle Posadas. Los ayudantes de Fisiología de la Facultad de Medicina asistimos a tomar allí clases impartidas por él mismo, M. Covián, V. G. Foglia, C. Rapela, J. C. Penhos, C. Prelat y otros personajes prohibidos, y así podemos por fin conocer personalmente a los dioses del Olimpo de la Fisiología Nacional.

En la Facultad nos contentamos con saber que "tal sustancia ejerce tal efecto". En cambio, en el Instituto Católico de Ciencias aprendemos además quién lo ha demostrado, cómo lo ha hecho, qué explicaciones alternativas se han barajado, para qué especies animales son válidas las afirmaciones, hasta qué punto son confiables las conclusiones. A diferencia de mis profesores del Instituto de Fisiología en la Facultad de Medicina, que basan sus clases en libros de texto, los del Instituto Católico de Ciencias se refieren exclusivamente a trabajos originales, conocen personalmente a sus autores y, cuando nosotros consultamos dichas publicaciones, descubrimos invariablemente que sus nombres figuran en la bibliografía. Lo que más nos subyuga de los nuevos maestros es que no se limitan a hablar de la ciencia: la hacen, *son* científicos.

Braun sobresale. Es el que da las clases más arrevesadas. Su fervor y la velocidad de su cerebro lo impulsan a hablar mucho más rápido de lo que puede pronunciar, y sus frases están llenas de apócopes, aféresis, sinalefas, sinéresis o directamente de palabras aplastadas por el entusiasmo. Trae a colación anécdotas ocurridas durante las investigaciones, del tipo que sólo conocen "aquellos que pertenecen", y así Selye, Heyman, Goldblatt, Corcoran, Ussing, Loewi y Smith dejan de ser una mera puntualización bibliográfica, para cobrar vida, tener pasiones y berrinches, temores y vanidades humanas. Braun es un atleta elegante (polo, tenis, golf y, muchos años antes, creo que boxeo), de peinado liso (cabellera completa, ligeramente entrecana), vestir impecable (Londres, París), trato firme y cordial. Nos enteramos de que nace en 1903, se recibe de médico en 1929 y su tesis doctoral (*La influencia del diencéfalo y la hipófisis sobre la presión arterial*) gana el premio Facultad de Ciencias Médicas en 1934.

En 1937 publica con Oscar Orías el libro *Los sonidos cardíacos en condiciones normales y patológicas*, en castellano, y años más tarde en inglés. En el 38 va a trabajar

Ilustraciones: Luis Trimano



Arriba: Juan Carlos Fasciolo, Juan Muñoz, Alberto C. Taquini, Bernardo Houssay, Braun Menéndez y Luis F. Leloir en la biblioteca del Instituto de Fisiología (actual Facultad de Ciencias Económicas). Abajo, a la derecha: Braun Menéndez en La Habana, Cuba.

con Lovatt Evans en el Departamento de Fisiología del University College de Londres y en el 39 está de regreso en la Argentina. Forma un equipo con Faciolo, Leloir, Muñoz, Taquini y el mismo Houssay, para investigar el papel del riñón en la hipertensión arterial (el riñón contiene renina, que convierte al hipertensinógeno en la poderosa hipertensina) y escriben el libro *Hipertensión arterial* que luego se publica en varios idiomas y pasa a ser un clásico del tema.

En la Argentina solemos creer que prescindir de nuestros científicos y nuestra perenne frustración y bancarrota son dos cosas independientes. Sólo así se explica que, mientras Houssay, Leloir y Braun Menéndez están interdictos, la fisiología en la Universidad la dicta un profesor menos que mediocre. Pero el golpe de 1955 derriba a Perón y el nuevo gobierno reinstala a Houssay, Braun Menéndez y Foglia en el Instituto de la Facultad de Medicina, que en el ínterin se había mudado desde el edificio que actualmente ocupa la Facultad de Ciencias Económicas a la manzana limitada por Paraguay, Charcas, Junín y Uriburu.

Pronto resulta obvio que Braun Menéndez no es simplemente un gran fisiólogo: escribe artículos periodísticos, participa en el gobierno de la Facultad de Medicina y en el de la Universidad, se entrevista con el Presidente de la República y el Ministro de Educación. Y hace algo más importante aún: fuma (Lucky Strike, Camel y lo que les robe a sus colaboradores) y toma café con nosotros en una salita frente a su oficina (de puro desobediente, pues era gastrítico y el médico le había prohibido ambas cosas).

Por esos cafés informales de pronto aparecen Florencio Escardó y Risieri Frondizi, Enrique Gaviola y Zenón Lugones, Desiderio Papp y Telma Reca, consejeros estudiantiles y visitantes peruanos; me entero de glándulas y decretos, de Boris Pasternak y Atilio Dell'Oro Maini, de presiones arteriales e hipertensiones políticas. ¡Y cómo atacamos a Braun! El es militantemente católico, yo furibundamente laico; él es contrario al gobierno tripartito, yo reformista; él discute las ideas, yo camino con la verdad debajo del brazo, con la imperturbable firmeza que confiere la ignorancia. Tan opuesto estoy a Braun Menéndez... que le pido que me acepte en su grupo (Zadunaisky, Scornik y Afanni) y me dé un tema de trabajo. Y me lo da: la función renal durante la hipertrofia compensadora del riñón.

Braun Menéndez es el líder de todos y en todo. Inyecta ideas y entusiasmos, pone nuestros humildes resultados experimentales en un contexto científico universal, luego nos explica aspectos protocientíficos del Renacimiento, los trabajos de Fabricius ab Aquapendente, Harvey, Bernard, Cajal, Cannon, y uno termina con una lista de cosas para leer, que incluye desde artículos de Hans Ussing hasta novelas de Paar Lagerkvist. Pero atrae también a científicos ya formados, que desarrollan sus propios grupos, y así el Instituto se enriquece con la participación de Alejandro C. Paladini, Manuel R. Malinow y Alberto Agrest.

Braun tiene ideas y posiciones tan claras, firmes y discordantes con algunas de las que por entonces se consideran indiscutibles que, cuando de pronto recibe a "contrincantes" no menos claros y firmes, nos agarramos la cabeza previendo borrascas. Pero luego no ocurre trifulca alguna, cosa que hoy, al buscarle una explicación que vaya más allá de su don de gentes, atribuyo al hecho de que Braun tenía una actitud científica ante la vida, que no limitaba a sus estudios de los fenómenos cardiovasculares. Trataré de explicarme. Los científicos tienen como "contrincante" a la naturaleza y tratan de entenderle sus leyes y mecanismos. Ella a su vez se obliga a revelarlos si se le hacen las preguntas adecuadas. Este "juego" tiene dos características que creo pertinentes para recordar y sobre todo entender a Braun Menéndez: 1) la naturaleza no hace trampas y ello obliga a los científicos en serio a pensar que si la cosa es oscura o conflictiva la culpa es de ellos mismos, y que lo que se necesita es mayor capacidad de compren-

sión; y 2) todos los científicos están del mismo lado, las discusiones son de tipo colaborativo y no tiene sentido recurrir a patrañas porque, tarde o temprano, la pasmante comprensibilidad y coherencia del conocimiento científico las habrá de aniquilar.

Sólo así comprendo que Braun Menéndez ayudara a sus oponentes a fortalecer sus posiciones —pues generalmente él conocía mejor sus fundamentos— para demostrarles luego que estaban equivocados, y que al rato los asimilara graciosamente a su causa: el conocimiento, el progreso de nuestra facultad, de la universidad, del país, de la humanidad. Con Braun aprendimos que una discusión no es un topetazo de monólogos y que uno de los ingredientes principales de la ciencia, y de la democracia, es el saber escuchar y analizar las ideas de quien quiera expresarlas.

Siempre que uno crea honestamente lo que está diciendo, los despropósitos no lo alarman. Si bien detesta la estupidez, la holgazanería y la "agachada", jamás expulsa a nadie del Instituto. Su táctica no consiste en prohibir que naden aquellos que no sepan o no quieran hacerlo, sino en elevar el nivel del agua. ¡Y caray que lo eleva! Por ahí le pide a algún remanente de épocas anteriores o a algún autoproclamado científico que nos dé un seminario. Lo escucha, deja que nosotros, su jauría, nos encarnicemos en la discusión, y finalmente habla él. Así logra que estos personajes opten por desaparecer del medio académico hasta con cierto alivio agradecido. También recupera de esta forma a gente honesta, que hasta el momento ha carecido de orientación y estímulo.

De pronto, al mostrarnos que en la Argentina hay tanto por hacer y somos muy pocos para llevarlo a cabo, logra desbaratar nuestros paquetitos de egoísmo pueblerino, nuestras pujitas caseras sobre detalles administrativos, y nos pone a trabajar en serio. Para Braun Menéndez, la mentada riqueza nacional no se restringe a la fertilidad de nuestras pampas ni a los filones de nuestras minas, sino que debe incluir, además, al conocimiento.

Allá por 1957 comienza a gestarse y luego se crea el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y, claro, Braun Menéndez está primero en la gestión y luego en el directorio. Y así su actividad se propaga desde la cátedra al Consejo de la Facultad, al de la Universidad, al CONICET, a la Asociación Argentina para el Progreso de la Ciencia, a la revista *Acta Physiologica Latinoamericana*. Viaja a Chile y al Brasil, a Washington y a Cambridge, dicta cartas y discute nuestros resultados, lo vienen a buscar para comer Escardó y Lanari, Risieri Frondizi y Rolando García.

En lo que concierne a los jóvenes del grupo de Braun Menéndez, el futuro argentino ya ha comenzado. Si la Argentina buscaba despegar, nosotros ya nos sentimos surcando la estratósfera. Para sellar nuestra apurada inserción al concierto de los países adelantados, Houssay consigue que el próximo Congreso Internacional de Ciencias Fisiológicas se celebre en Buenos Aires. El será su presidente y Braun Menéndez su secretario general.

Pero entonces llega el 16 de enero de 1959.

Ese día Braun Menéndez cumple cincuenta y seis años y está tan contento que hasta convida con sus propios cigarrillos. (No se trata de tacañería, sino que, para tratar de fumar lo menos posible, se había propuesto firmemente no abrir un nuevo atado sino cada dos días... objetivo que logra fumando los cigarrillos de sus discípulos.) El y su hija Maggy, una beldad que hace las veces de secretaria ultrasecreta y ministra de relaciones exteriores, vuelan esa tarde a Mar del Plata para celebrar el cumpleaños en familia. El calor es tan sofocante que Oscar Scornik y yo vamos con nuestras esposas y mi hija Margarita a una quinta de Villa Udaondo a pasar unos días y, finalmente, el mismo clima entra en crisis, estallando en tormenta hacia el anochecer.

Al día siguiente, un policía se allega a la quinta con el mensaje de que telefoneemos inmediatamente a Buenos Aires. Así nos enteramos de que, durante la tormenta de la noche anterior, el avión de Braun y su hija Maggy se ha precipitado al mar.

Soy distraído y, para compensarlo, suelo anotar en largas listas las cosas que debo hacer. Meses después del accidente yo seguía apuntando asuntos para discutirlos con Braun. A tal punto me había atrapado en aquella trama de ideales y proyectos que fuera de ella la vida no existía o carecía de sentido. Braun, por así decir, se había llevado el sentido con él.

Y, hasta donde yo entiendo, decir que Don Eduardo se había llevado su sentido con él no es una metáfora para expresar la congoja y desorientación de aquel grupo de científicos cachorros. Porque por rara y funesta casualidad, su muerte marca el comienzo de una cuesta abajo nacional, de una cerrazón que fue oscureciendo paulatinamente aquella capacidad de razonar que él se había empeñado en promover. Su desaparición coincide con el inicio de una larga noche de golpes, deudas, crímenes y desencuentros que, en nuestra incapacidad de analizar sensata y honradamente las cosas, nos ha convencido de que el verdadero y quizás único problema nacional es el económico, y de que todo se arreglaría con dinero. Hace treinta años, pues, que Braun Menéndez ha desaparecido de todas partes.

Pero el maestro me mataría si yo diera por terminada esta apretujada evocación con un pesimismo deshauciado. Por eso me basta con recordar que la sociedad argentina fue capaz de generar científicos de su calibre, que en algún momento hubo gobiernos que los consultaron y que hay discípulos-hijos, y aun bandadas de discípulos-nietos, que Braun Menéndez no llegó a ver, a quienes su enseñanza les permite abrirse paso en el mundo del conocimiento, para terminar esta semblanza con una sonrisa esperanzada.

Marcelino Cereijido
Centro de Investigación y Estudios Avanzados
Instituto Politécnico Nacional, México

FECUNDIDAD ADOLESCENTE

El tema de la fecundidad adolescente, es decir, de las madres menores de 20 años (según la definición de la Organización Mundial de la Salud), ha estado en el primer plano del interés de los investigadores de gran parte del mundo en los últimos años. La cuestión ha generado abundante investigación, innumerables publicaciones y varias conferencias internacionales.

¿A qué se debe este interés? Por un lado, a que el fenómeno, luego de atenuarse durante el proceso de industrialización y desarrollo, ha vuelto a cobrar magnitud en algunos países. Por otro lado, a que la fecundidad adolescente, especialmente cuando no es querida o cuando es condenada socialmente –como puede ser el caso de las adolescentes solteras– produce efectos negativos a la madre, al hijo y a la sociedad. Las investigaciones disponibles –por ejemplo, la de la demógrafa estadounidense Jane Menken– muestran que las complicaciones en el parto, los abortos espontáneos y los nacimientos sin vida son significativamente altos entre las madres adolescentes. Los problemas de salud de los hijos de adolescentes son más numerosos que los registrados por hijos de madres con mayor edad (Institute of Medicine de los Estados Unidos). También se ha demostrado que esa diferencia se explica, en parte, por la extracción social predominante entre las madres adolescentes, ubicación que repercute en sus niveles nutricionales y en la calidad de atención pre y post parto que reciben (véanse, por ejemplo, los trabajos de Makinson y de la misma Jane Menken).

La investigación, realizada en otros países de occidente, muestra que la adolescente con un hijo debe interrumpir habitualmente su educación; encuentra disminuidas sus posibilidades de trabajo y, por lo tanto, ve comprometido su futuro económico. Estos problemas económicos, a su vez, determinan menores oportunidades para el hijo.

Ante el caso de alumbramientos extramatrimoniales, la vida, tanto de la madre como la del hijo se verán aún más complicadas por las sanciones familiares y sociales; particularmente en aquellas culturas donde la maternidad fuera del matrimonio no es bien vista. Si, en cambio, el embarazo gravita decisivamente en una decisión de casamiento, este matrimonio tiene altas posibilidades de terminar en disolución, aunque sólo sea por la mayor inestabilidad propia de matrimonios tempranos, según se ha demostrado en innumerables trabajos, como los de Bumpass y Sweet, y los de Noreen Goldman.

Proporción de los nacidos vivos que tienen madres adolescentes, según edad de la madre y jurisdicción, 1960 y 1982.

Jurisdicción	1960			1982		
	Menos de 15 años	15-19 años	Total	Menos de 15 años	15-19 años	Total
Total del país	0.2	10.3	10.5	0.4	12.6	13.0
Capital Federal	0.0	3.6	3.6	0.1	5.1	5.2
Buenos Aires	0.1	9.5	9.6	0.4	11.3	11.7
Catamarca	2.7	15.5	18.2	0.4	14.0	14.4
Córdoba	0.0	10.1	10.1	0.3	11.8	12.1
Corrientes	0.4	13.0	13.3	0.5	15.7	16.2
Chaco	0.4	16.0	16.4	0.8	17.7	18.5
Chubut	0.4	14.3	14.8	0.8	17.4	18.2
Entre Ríos	0.2	10.2	10.4	0.4	14.7	15.1
Formosa	0.3	17.4	17.7	0.6	16.2	16.8
Jujuy	0.3	13.7	14.1	0.6	15.0	15.6
La Pampa	0.4	10.4	10.9	0.5	17.8	18.3
La Rioja	0.3	10.4	10.7	0.5	13.8	14.3
Mendoza	0.2	10.3	10.5	0.2	10.6	10.8
Misiones	0.3	15.0	15.3	0.5	16.8	17.3
Neuquén	0.5	13.7	14.2	0.7	17.5	18.3
Río Negro	0.5	13.6	14.2	0.7	18.0	18.7
Salta	0.2	14.2	14.4	0.6	15.3	15.9
San Juan	0.3	11.8	12.1	0.4	11.6	11.9
San Luis	0.0	11.9	11.9	0.5	14.7	15.2
Santa Cruz	0.3	13.0	13.3	0.6	16.0	16.5
Santa Fe	0.2	10.0	10.2	0.4	13.9	14.3
Santiago del Estero	0.7	12.7	13.4	0.6	15.2	15.8
Tucumán	0.2	13.2	13.4	0.4	12.1	12.5
Tierra del Fuego	0.4	13.3	13.8	0.6	13.2	13.9

Fuente: Dirección Nacional de Estadística y Censos, *Hechos demográficos en la República Argentina, 1954-1960.* Dirección de Estadísticas de Salud, Estadísticas Vitales, Información Básica, 1982.

En la Argentina, el tema concita, con cierta frecuencia, la atención del periodismo. Asimismo, investigadores, sobre todo, provenientes del campo de la medicina y de la asistencia social, también se han ocupado del problema. Sus escritos, así como los de la prensa, en su mayoría, hacen referencia a la falta de información acerca de la magnitud real del fenómeno en nuestro país. Si bien es cierto que la información existente es muy general y posiblemente adolezca de errores, la misma proporciona bases para realizar una estimación aceptable.

De los datos extraídos de estadísticas vitales –elaboradas por la Dirección de Estadísticas de Salud del Ministerio de Salud y Acción Social– se puede calcular que la tasa de fecundidad de las mujeres menores de 20 años, que era de 60 nacimientos anuales por cada mil mujeres en las décadas de 1950 y 1960, llegó a un máximo de 81% en 1980. En 1982 todavía era un 25% superior con respecto al de dos décadas atrás. En esta última fecha, más de 87.000 de los 663.000 nacimientos ocurridos en el país tuvieron como madres a mujeres de menos de 20 años. Esto significa que un 13% de los nacimientos provienen de madres adolescentes. Este porcentaje supera en un 30% al que se observaba hace un cuarto de siglo. De los nacimientos mencionados, 2.700 correspondieron a mujeres menores de 15 años. El número es pequeño, pero su peso relativo se ha duplicado en la década del '80 respecto de la del '60, crecimiento mucho mayor que el de los nacimientos en cualquier otro grupo de edad. Las mismas razones que hacen problemática a la fecundidad adolescente están presentes con una incidencia aún mayor entre las madres menores de 15 años.

El censo de población de 1980 ofrece alguna información adicional. Sabemos que en el año previo al censo algo menos del 2% de las jóvenes de entre 14 y 16 años, y el 8% de las comprendidas entre los 17 y los 19 años, dieron a luz un nacido vivo. También sabemos que de las jóvenes de 14 a 16 años censadas en aquella fecha, un 3,4% (23.700) tenía al menos un hijo. Este

porcentaje subía a 17% para las de 17 a 19 años y representaba a 117.500 mujeres.

El censo de 1980 nos dice algo más: que el fenómeno es más frecuente entre las adolescentes de áreas rurales que entre las que viven en zonas urbanas y que esta diferencia es aún mayor cuando se trata de las más jóvenes.

Entre las de 14 a 17 años de zonas urbanas, apenas un 0,3% ha tenido al menos un hijo, pero la cifra se eleva a 5,2% entre las de la misma edad que residen en áreas rurales, una proporción 17 veces mayor.

¿Cuál es la causa del aumento de la fecundidad adolescente? Una de las hipótesis más atendibles señala que se ha incrementado la proporción de mujeres que inician la actividad sexual en la adolescencia, sin que este incremento vaya acompañado por el uso suficiente y/o adecuado de los métodos anticonceptivos. En los Estados Unidos, por ejemplo, las investigaciones indican que durante la década del '70 se produjo un aumento en la proporción de adolescentes que se iniciaban en la actividad sexual seguida por una estabilización de la misma.

Por otro lado, también en ese país, se ha documentado que la frecuencia de dicha actividad es baja en la población adolescente (informe del National Research Council de los Estados Unidos, editado por Cheryl D. Hayes). Según dicho informe, el uso de anticonceptivos entre los adolescentes acompañó la tendencia que se producía en el campo de la actividad sexual. A su vez, el uso de los métodos más eficaces aumentó significativamente. Sin embargo, los adolescentes parecen ser usuarios "inconsistentes", pues muchos de ellos, especialmente los más jóvenes, declaran que sólo usan anticonceptivos "a veces". En esta combinación de conductas podría encontrarse quizá la explicacion que buscamos. No conocemos investigaciones similares que permitan un conocimiento de los factores en juego en la Argentina.

La fecundidad adolescente merece atención adicional, porque es también un aspecto de la desigualdad social. Podemos suponer que al igual que en otras sociedades, donde el tema ha sido más estudiado, las adolescentes de los estratos sociales inferiores están más expuestas al riesgo de quedar embarazadas, por su menor acceso a la información y por el costo de los métodos anticonceptivos eficaces. Si se acepta que el nivel educacional es un indicador aproximado del estrato socioeconómico, lo que decimos se puede documentar: mientras algo más del 19% de las mujeres menores de 20 años que no completaron la educación primaria habían tenido hijos hacia 1980, sólo el 8% de aquellas con educación primaria completa o secundaria incompleta se encontraba en la misma situación. Mientras tanto, no llegaban a 4% las adolescentes con educación secundaria completa o superior que habían tenido hijos (datos del Censo Nacional de 1980).

Los riesgos de salud implicados en el parto, tanto para la madre como para el hijo, también son mayores para este estrato social. Si el embarazo no es deseado, el aborto, que en nuestro país es ilegal y costoso, está, sin embargo, al alcance de las jóvenes de las clases más favorecidas en condiciones de muy bajo riesgo médico. Para aquellas de los estratos bajos, que recurren a la autoadministración o a agentes que provocan abortos en condiciones groseramente inadecuadas, la referida práctica es altamente peligrosa y aun letal. La desigualdad en la vida se prolonga en desigualdad frente a la muerte.

Edith Alejandra Pantelides
Centro de Estudios de Población

MEMORIA Y CENSURA

En 1967 el Secretario de Defensa del Gobierno de los Estados Unidos envió a un grupo de expertos una historia ultrasecreta de la guerra de Vietnam ("The Pentagon Papers"). El *New York Times* obtuvo tales documentos y, junto con el *Washington Post* y otros diarios, comenzó a publicarlos. El Gobierno recurrió entonces a la justicia y solicitó que se prohibiera la publicación, argumentando que si ésta continuaba se produciría "un daño irreparable a los intereses de la defensa de los Estados Unidos y a la seguridad nacional". En un fallo histórico, la Suprema Corte de los Estados Unidos desestimó la acción del gobierno. Vale la pena transcribir algunas de las frases con que uno de los miembros de la Corte, Hugo L. Black, fundamentó su sentencia.

"...Sólo una prensa libre y sin restricciones puede exponer con eficacia las falacias de los gobiernos. Y es imperativo que la prensa libre asuma el deber de impedir que cualquier área del gobierno engañe al pueblo y lo envíe a morir de fiebres y de balas extrañas en tierras distantes. En mi opinión, más que recibir una condena, el *New York Times*, el *Washington Post* y los otros diarios deben ser elogiados por servir tan cabalmente a los propósitos que los fundadores de nuestra nacionalidad percibieron con claridad. Al revelar las acciones de gobierno que condujeron a la guerra de Vietnam estos diarios ejecutaron con nobleza precisamente lo que nuestros fundadores hubieran esperado que hiciesen."

Existe una curiosa analogía y una lamentable discrepancia entre esta historia y la del programa televisivo nacional *El galpón de la memoria*. La analogía reside en que ambas historias relatan decisiones políticas que involucraron a las Fuerzas Armadas y que se tomaron a espaldas de la ciudadanía. La discrepancia no nos favorece. En el caso de los "Pentagon Papers" prevaleció el derecho del pueblo de conocer los actos de gobierno. En el nuestro, ante no bien definidas presiones, se optó por evitar que los argentinos recordaran episodios del pasado reciente. *Ciencia Hoy* no quiere que los principios que expresó en su primer editorial queden como simples enunciados. Por lo tanto expresa su repudio ante el acto de censura encubierta que impidió la difusión de *El galpón de la memoria* y reitera su convencimiento de que la actividad intelectual creativa sólo es posible en un ambiente que permita la libre difusión de pensamiento. La única restricción debe ser el sistema legal que nos rige, cuya aplicación es resorte exclusivo del Poder Judicial.

SERIE CIENTIFICA

ARTE
CIENCIA
TECNOLOGIA
FILOSOFIA
LITERATURA

ES MAS QUE UNA REVISTA

GARIBALDI 281 (5500) MENDOZA - TEL. (061) 293779

LAS SEMILLAS ARTIFICIALES

Aprovechando la capacidad de los vegetales que les permite a sus células expresar la totalidad de la información genética que poseen —totipotencia celular—, desde hace más de tres décadas los científicos están desarrollando técnicas destinadas a crear nuevas formas de propagación mucho más rápidas, efectivas y económicas que los métodos de multiplicación tradicionales. Las técnicas de cultivo de tejidos y de protoplastos —células vegetales sin pared de celulosa— constituyen dos de los más claros ejemplos.

Sin embargo, muchas de las variedades de plantas producidas por cultivo de células no resultan convenientes para ser luego propagadas por semillas naturales, debido a que en las sucesivas generaciones no logran mantenerse las cualidades deseadas. En estos casos, para solucionar el problema, se utiliza la multiplicación vegetativa (asexual) de tallos y brotes a partir del empleo de las técnicas de cultivo de tejidos. Lamentablemente, por ahora, el método aún requiere una labor muy intensa y generalmente costosa en la mayoría de los casos.

La forma más difundida de reproducción vegetativa es la que utiliza gajos o estacas. Esta técnica es muy laboriosa y la multiplicación se encuentra limitada por el tamaño de la planta o la disponibilidad de ejemplares de donde obtener las estacas.

Todos estos inconvenientes desaparecen con el uso de las denominadas semillas sintéticas o artificiales, que se producen a partir de la embriogénesis somática (véase el cuadro I).

Descripto por primera vez a comienzos de la década del '50, la generación de embriones somáticos es un proceso de multiplicación vegetativa realizado en tubos de ensayo y basado en una combinación de cultivo de tejidos y de células. El embrión somático (la base de la semilla artificial) es obtenido a partir del cultivo de una porción de tejido correspondiente a una estructura cualquiera del vegetal que se desea multiplicar. Colocadas en un medio rico en hormonas y nutrientes, las células de este tejido comienzan a proliferar, perdiendo su especialización a la par que forman una masa celular denominada "callo".

Las células que forman el callo pueden ser luego separadas y cultivadas individualmente, o bien es posible —con ayuda de ciertas enzimas específicas como las pectinasas, celulasas y otras— eliminar la pared de celulosa que las rodea, obteniéndose así un número variable de protoplastos listos para ser cultivados.

Tanto las células "peladas" (los protoplastos) como las que conservan su capa de celulosa, aisladas y colocadas en los medios de cultivo adecuados, pueden llegar a multiplicarse y diferenciarse, generando un embrión somático capaz de producir una nueva planta, similar a la que le dio origen y con idéntico patrimonio genético que el de sus hermanas (véase la figura).

El pelado de las células es indispensable en los casos en que se emplean técnicas de ingeniería genética. Con estas técnicas, los científicos han logrado introducir en los protoplastos ciertos genes —segmentos de ADN— que contienen la información necesaria para que la nueva planta exprese propiedades especiales como, por ejemplo, la fabricación de una proteína deseada o la resistencia a alguna plaga o a condiciones climáticas adversas.

Así, partiendo de una pequeña cantidad de células somáticas, este método de multiplicación asexual hace posible la producción de cientos de embriones con suficiente potencialidad como para formar el mismo número de plantas con características genéticas uniformes.

Los embriones somáticos anteriormente descriptos pueden ser encapsulados o desecados. En el primer caso son recubiertos con una envoltura de gelatina obtenida de algas pardas, lográndose crear de esta forma una verdadera semilla artificial. La cubierta gelatinosa protege a los embriones durante su manipuleo, a la vez que sirve como reservorio nutritivo cuando se agregan, disueltas en ella, sustancias aceleradoras del crecimiento y nutrientes de distintas clases. Además, las semillas artificiales pueden ser recubiertas por una membrana que permite prevenir la ruptura prematura de la cápsula y que evita su rápida desecación.

En general, el porcentaje de plantas que se obtiene a partir de embriones encapsulados es bajo. Este inconveniente no se presenta en el caso de los embriones desecados, razón por la cual el proceso de desecación acapara la atención de muchos investigadores en el campo de las semillas artificiales. El procedimiento, además de facilitar el almacenaje y disminuir los costos de transporte de las "semillas", en algunas especies estimula también el desarrollo del embrión.

Otra técnica que ha despertado gran interés por parte de los investigadores es el denominado "sembrado sobre lecho fluido". Se trata de la suspensión de embriones somáticos en un líquido viscoso preparado con agar, y su colocación directa en el surco de sembrado. Aunque para muchos este procedimiento no constituiría estrictamente un sistema de propagación de semillas artificiales, lo cierto es que el sembrado sobre lecho fluido podría llegar a convertirse en una provechosa metodología para sembrar gran-

Cuadro I. Características de los sistemas de propagación vegetativa

MICROPROPAGACION
- Bajo volumen de producción, método de propagación a pequeña escala
- Mantenimiento de la uniformidad genética de las plantas
- Las plántulas requieren una aclimatación previa a su plantado definitivo
- Alto costo por plántula
- Velocidad de multiplicación relativamente baja

GAJOS o ESTACAS
- Bajo volumen de producción, método de propagación a pequeña escala
- Mantenimento de la uniformidad genética de las plantas
- Los gajos o estacas requieren un enraizamiento previo a su plantado definitivo
- Velocidad de multiplicación limitada por el tamaño de la planta madre

SEMILLAS ARTIFICIALES
- Alto volumen de producción, método de propagación a gran escala
- Mantenimento de la uniformidad genética de las plantas
- Sembrado directo de las "semillas" en el campo, eliminando los trasplantes
- Bajo costo por plántula
- Rápida multiplicación de las plantas

des cantidades de embriones de especies que no requieren una gran precisión de sembrado en cuanto a profundidad y distancia entre plantas.

Aunque el uso de las semillas artificiales a campo abierto está todavía relativamente lejano en el tiempo, la gran actividad de investigación en materia de fisiología vegetal, así como el constante avance en los métodos de plantación, abren grandes expectativas para la aplicación comercial de este revolucionario sistema de propagación masiva de vegetales seleccionados por sus características genéticas.

La posibilidad de combinar altos volúmenes de producción de ejemplares genéticamente idénticos con bajos costos de multiplicación resultaría, a primera vista, una de las más significativas ventajas que desde el plano económico ofrece la aplicación de esta novedosa tecnología. A pesar de ello, la aceptación de las semillas artificiales dependerá, fundamentalmente, del valor de los cultivos susceptibles a ser propagados por este método, y del costo y competitividad de los productos obtenidos.

El arroz, la papa, el pepino y el apio son algunos de los cultivos para los que el sistema de propagación por semillas artificiales podría otorgar ventajas económicas (véase el cuadro II). Para estas especies, la multiplicación por semillas producidas naturalmente presenta muchas dificultades, por lo que se estima que el costo inicial que representaría el empleo de las semillas artificiales sería bien soportado por el mercado.

Otro de los problemas que muestra en muchas especies la multiplicación por semillas artificiales es el de los bajos índices de conversión. Se denomina conversión a la obtención de una planta completa lograda a partir de un embrión somático. Para la alfalfa, uno de los cultivos en estudio, el índice aumentó desde 0,5 por ciento en 1982, al 50-60 por ciento en 1985.

Mientras se espera mejorar los índices de conversión logrados por las semillas artificiales, los investigadores consideran que, en el futuro, los elevados costos actuales de esta metodología podrán ser disminuidos con el advenimiento de los procesos de automatización para la producción de embriones. Según los científicos, la automatización podrá llegar a convertir a esta promisoria tecnología en un sistema de propagación accesible, incluso, para los cultivos de mediano valor.

Cuadro II. Ejemplos de algunos cultivos que podrían beneficiarse mediante el uso del sistema de semillas artificiales

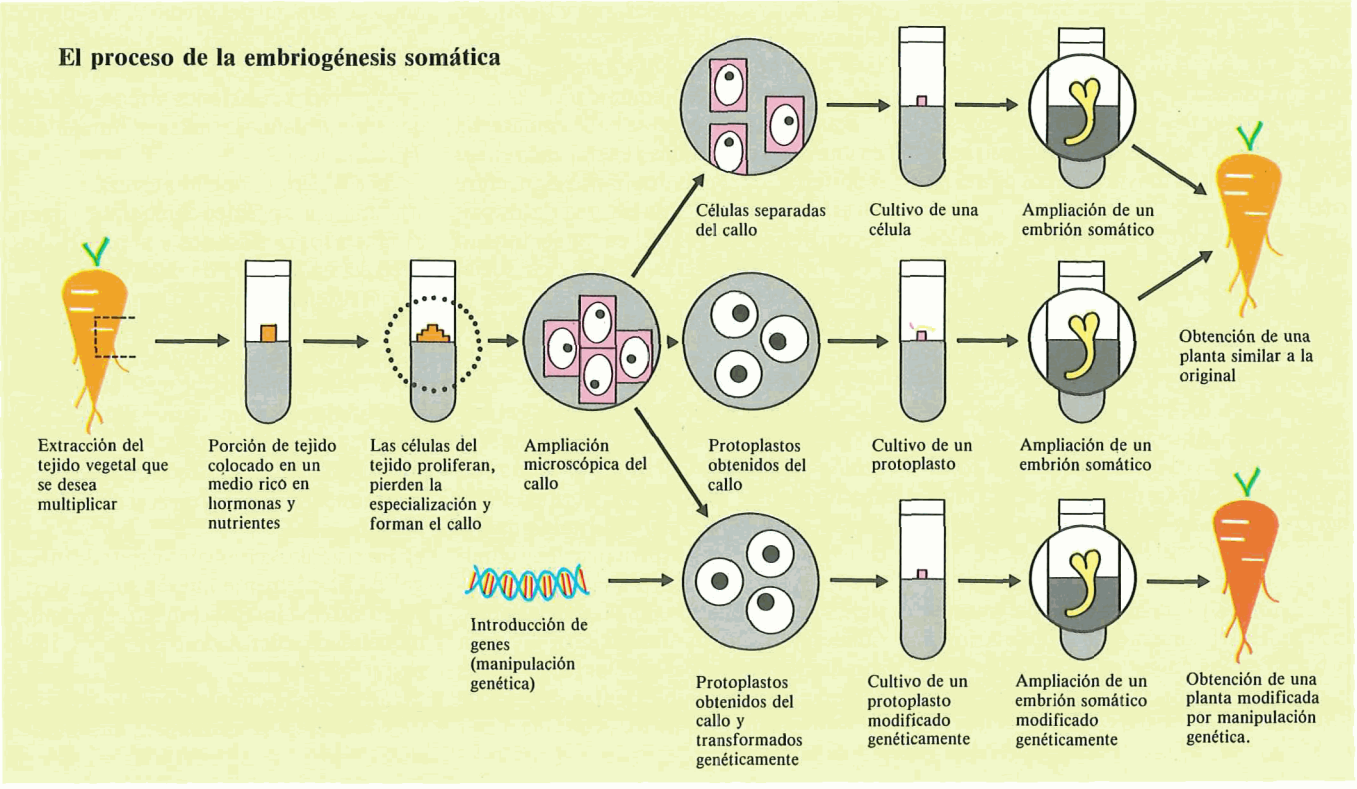
ARROZ HIBRIDO
- El proceso de obtención del híbrido de primera generación es dificultoso y lento

PAPA
- Debido a su inestabilidad genética las semillas naturales no son usadas para la propagación
- La propagación por trozos de tubérculos cortados facilita el ingreso de agentes infecciosos
- La baja almacenabilidad de los tubérculos cortados es uno de los mayores problemas en las regiones tropicales

PEPINO
- Las semillas verdaderas son muy costosas (27 centavos de dólar por unidad)

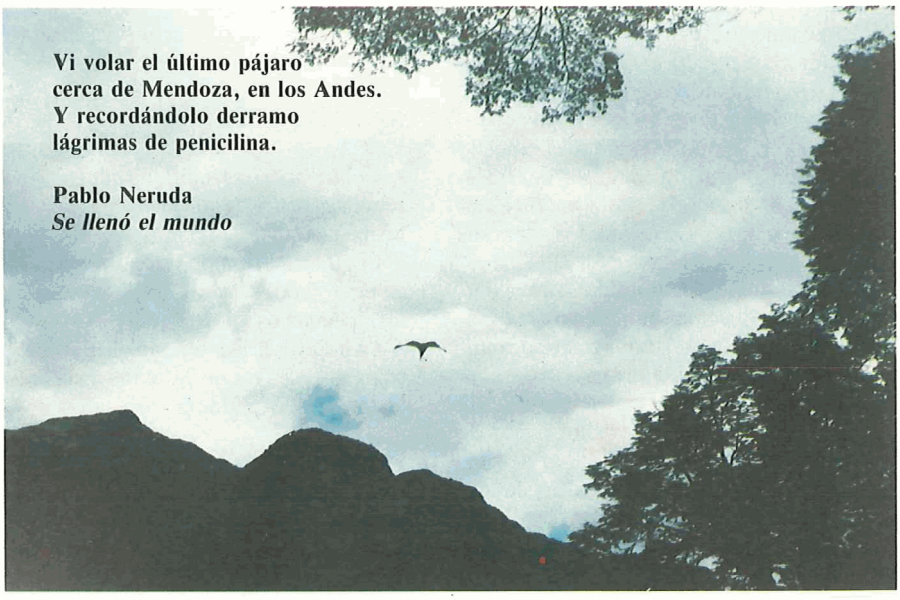
AJO
- La propagación vegetativa corriente, a través de los "dientes" de esta especie, permite la fácil transmisión de virus y nematodos (gusanos) a las subsecuentes generaciones.

Fernando Ritacco
Centro de Divulgación Científica y Técnica
Facultad de Agronomía
Universidad de Buenos Aires



NO A LA DESTRUCCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

En el editorial del primer número de *Ciencia Hoy* se sostenía que sólo es legítima aquella ciencia cuyos resultados inmediatos o mediatos redunden en beneficio del hombre concreto, como también de la Tierra y de sus especies. Se agregaba además que la participación de la comunidad científica es indispensable en cuestiones que incluyen, entre otras, "la preservación de los recursos culturales y naturales, así como también el patrimonio genético de especies animales y vegetales". Consecuentes con tal convicción, los editores dan a conocer este "Llamado a la comunidad", resolución votada por unanimidad por los asistentes a la Asamblea de la XIV Reunión Argentina de Ecología realizada en San Salvador de Jujuy, Argentina, entre el 17 y el 22 de abril del corriente año. Su texto es el siguiente:



Vi volar el último pájaro
cerca de Mendoza, en los Andes.
Y recordándolo derramo
lágrimas de penicilina.

Pablo Neruda
Se llenó el mundo

"Desde que se realizara la Primera Reunión Argentina de Ecología en Vaquerías (Córdoba) en 1972, profundos cambios ecológicos y económicos se han producido en el mundo. En aquella época se había comenzado a advertir que el crecimiento económico exponencial que se había iniciado con el fin de la Segunda Guerra Mundial estaba produciendo fuertes impactos sobre la biosfera. Hoy, a casi dos décadas de entonces se hace evidente que los impactos sobre los recursos naturales y el medio ambiente ponen en peligro los planes de estabilización y desarrollo de la mayoría de los países periféricos.

La disminución del ozono en la estratósfera y el consecuente aumento de la radiación ultravioleta con sus catastróficas consecuencias sobre los seres vivos; el aumento del anhídrido carbónico en la atmósfera y el consecuente cambio climático que provocará impactos sin precedentes en la economía y el medio ambiente; la amenaza de deshielos en los casquetes polares, el consiguiente aumento del nivel del mar y la inundación de grandes áreas litorales; la destrucción de ecosistemas agrarios por sobrepastoreo; erosión; uso indebido de agroquímicos y la consecuente marginación campesina; el aumento de las poblaciones urbanas en los países más atrasados y las consecuentes crisis sociales; el incesante aumento de la radiactividad por el uso indebido de la energía nuclear; la acumulación y dispersión de residuos radiactivos y las explosiones nucleares con los peligros que ello entraña; la pérdida del patrimonio genético por desaparición no sólo de especies sino de ecosistemas completos (selvas tropicales, bosques templados, ríos y lagos), son algunas de las manifestaciones más dramáticas de la hora actual que amenaza la propia existencia de la humanidad.

Esta crisis ambiental se halla enmarcada en una crisis económica generalizada cuyas manifestaciones más dramáticas son, entre otras, la perversa deuda externa de los países periféricos que ahoga cualquier intento de cambio democrático con justicia social y mejoramiento de la calidad de vida; el aumento progresivo del flagelo del hambre y la desnutrición de grandes masas y los conflictos económicos y sociales que se generan.

Sensibilizados por estas amenazas y el destino de las próximas generaciones es que los ecólogos reunidos en la XIV Reunión Argentina de Ecología (Jujuy, abril de 1989) consideran un deber alertar al gobierno nacional, a los gobiernos provinciales y municipales, a los dirigentes políticos, empresariales, comerciales y sindicales, a las autoridades y claustros universitarios y a la comunidad en general que, las perspectivas de desarrollo sostenible dentro del cual se puedan asegurar condiciones de vida digna para todos los sectores de la sociedad, pasa por una toma de conciencia ambiental que permita la defensa del patrimonio natural y cultural de los argentinos.

En tal sentido esta Asamblea General hace suyas las estrategias propuestas por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo de las Naciones Unidas para asegurar el desarrollo sostenible tendiente a promover las relaciones armoniosas entre los seres humanos y entre la humanidad y la naturaleza.

Se requiere para ello asegurar:

a) un sistema político democrático que posibilite a los ciudadanos una participación efectiva en la toma de decisiones;

b) un sistema económico capaz de crear excedentes y conocimientos técnicos sobre una base autónoma y constante;

c) un sistema social que evite las tensiones provocadas por un desarrollo desequilibrado;

d) un sistema de producción que cumpla con el imperativo de preservar el medio ambiente;

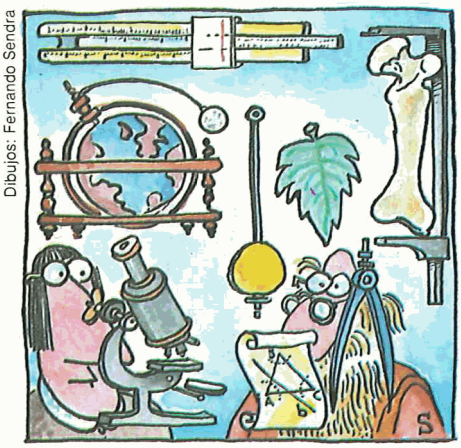
e) un sistema tecnológico capaz de investigar constantemente nuevas soluciones;

f) un sistema internacional que promueva modelos duraderos de comercio y finanzas; y

g) un sistema administrativo flexible y capaz de corregirse de manera autónoma."

DIÁLOGO ENTRE CIENTÍFICOS ARGENTINOS

Dibujos: Fernando Sendra



A partir del 5 de mayo del presente año se han reiniciado las acciones conjuntas de las sociedades y asociaciones científicas para dejar constituido el Foro de Sociedades Científicas Argentinas, iniciativa surgida en el transcurso de 1988. En el marco de este proyecto, la Asociación Ciencia Hoy sirve exclusivamente como medio de coordinación administrativa. A continuación se reproduce el acta constitutiva del Foro:

«Las sociedades científicas y tecnológicas cuya lista figura al pie dejan constituido el *Foro de Sociedades Científicas Argentinas* para proporcionar a la comunidad científica argentina un ámbito que permita el análisis y la discusión interdisciplinaria de la problemática científica y tecnológica del país, generando de este modo un mecanismo para hacer llegar la voz y la opinión de la comunidad científica a los sectores gubernamentales y privados involucrados en el tema.

El Foro es una entidad permanente, apolítica, no gubernamental y no sectorial con capacidad de convocatoria propia. El Foro está abierto a la incorporación de toda sociedad que satisfaga los siguientes criterios:

(i) Que sus objetivos primarios sean la promoción de la ciencia y la tecnología;

(ii) Que sus autoridades sean elegidas y renovadas periódicamente por decisión de sus socios;

(iii) Que desarrollen una actividad continua demostrable en la realización de reuniones, publicación de boletines, etc.;

(iv) Que su ámbito de acción sea todo el país.

(1) Son objetivos generales del Foro:

(i) Crear en la sociedad conciencia del papel fundamental de la ciencia y la tecnología en el desarrollo social, económico y cultural del país;

(ii) Señalar que para esto es indispensable que la comunidad científica reciba el apoyo necesario para su mantenimiento y crecimiento.

(2) Son objetivos específicos del Foro:

(i) Establecer vínculos permanentes entre científicos de distintas disciplinas con el objeto de fortalecer la conciencia de su papel en la solución de los problemas nacionales;

(ii) Permitir acciones conjuntas que aumenten la participación de la comunidad científica en decisiones que hacen al futuro científico y tecnológico del país;

(iii) Propender a la integración de la ciencia y la tecnología a la vida cotidiana del individuo y de la comunidad como factor en el mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad;

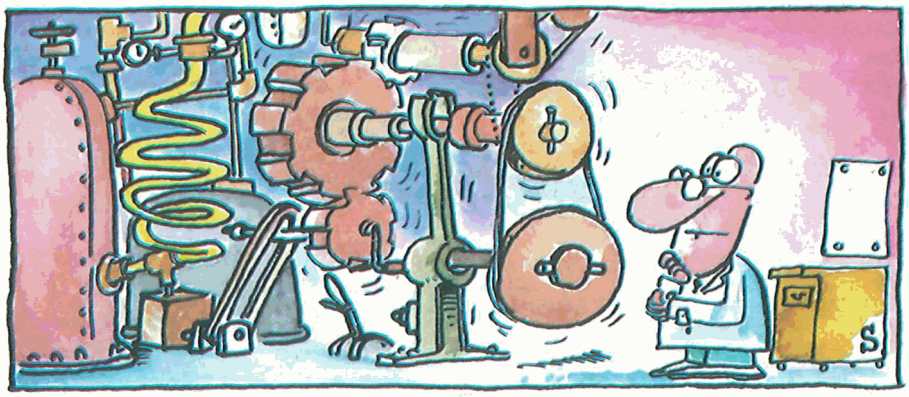
(iv) Crear conciencia sobre la necesidad de transformar el sistema educativo en todos sus niveles para permitir la adecuada inclusión de la ciencia y la tecnología en él;

(v) Propiciar el diálogo de la comunidad científica con los sectores de la producción a fines de generar mecanismos de intercambio que permitan la óptima utilización de los recursos humanos disponibles en la modernización del país.

El Foro propiciará la realización de reuniones interdisciplinarias, creará grupos de trabajo para analizar problemas concretos y apoyará cualquier otra acción que permita la consecución y la difusión de sus objetivos.»

Sociedad Argentina de Investigación en Química Orgánica; Sociedad Argentina de Botánica; Centro Argentino de Meteorólogos; Asociación Argentina de Investigación Fisicoquímica; Sociedad Argentina de Metales; Asociación Física Argentina; Sociedad Argentina de Ciencias Fisiológicas; Asociación Geológica Argentina; Asociación Argentina de Investigadores en Ciencias de la Ingeniería Química y Química Aplicada; Asociación Argentina de Mecánica Computacional; Comité Internacional de Ciencias Históricas - Comité Argentino; Asociación Argentina de Teoría General de Sistemas y Cibernética; Sociedad Argentina de Biología; Comité Internacional de Ciencias Históricas - Comité Argentino; Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias; Sociedad Argentina de Genética; Sociedad Argentina de Inmunología; Unión Matemática Argentina; Asociación Argentina de Astronomía; Sociedad Argentina de Farmacología Experimental; Asociación Paleontológica Argentina; Asociación Argentina de Historia Económica Asociación Ciencia Hoy. *Ad referendum de sus respectivos cuerpos directivos:* Sociedad Argentina de Antropología; Asociación Argentina de Economía Agraria; Sociedad Argentina de Protozoología; Instituto Argentino de Historia de la Arquitectura y el Urbanismo.

Buenos Aires, 8 de mayo de 1989.



Lavoisier: la madurez de la química

En la primera mitad del siglo XVIII las ideas de Newton conducían a desarrollos cada vez más satisfactorios en el ámbito de la física y la astronomía, pero eran todavía de aplicación incierta en el de la química. Newton había propuesto explicar a partir de principios mecánicos todos los fenómenos naturales pues éstos, según escribe en el prólogo a su magna obra *Principia Mathematica*, "dependen de algunas fuerzas cuyas causas son desconocidas y por las cuales las partículas de los cuerpos son empujadas las unas hacia las otras y se unen en figuras regulares, o son repelidas y se huyen mutuamente". Sin embargo, el estado de la química era por entonces excesivamente caótico como para volver practicable un programa de esa índole. El interés por la disciplina radicaba en sus aplicaciones médicas y la nomenclatura era totalmente asistemática. Aún era asunto de debate la existencia de "gases" de propiedades distintas a las del aire. Y las explicaciones corpusculares, en los círculos newtonianos, no pasaban de ser puramente especulativas, pues no se lograba vincularlas con la complejidad de las reacciones químicas cotidianas y de laboratorio. De hecho, la "newtonización" de la química sólo fue posible tras una previa reformulación conceptual de la misma: tal fue el mérito de Antoine L. Lavoisier (1743-1794), cuya obra fundamental, el *Tratado Elemental de Química*, fue publicada hace doscientos años, pocos meses antes del estallido de la Revolución Francesa.

Foto: Andrés Barragan

Lavoisier y su esposa Marie-Anne Paulze, pintura de Jacques-Louis David (1748-1825) que se conserva en la Rockefeller University de Nueva York.

La tradición adoptada por los químicos inmediatamente anteriores a Lavoisier tuvo su origen en la alquimia. En libros publicados entre 1703 y 1731, el médico alemán E. Stahl, discípulo del alquimista Becher, expuso una teoría suficientemente explicativa como para lograr general aceptación: la teoría del flogisto. Todos los cuerpos, pensaba Stahl, poseen en mayor o menor medida un "principio del fuego" o flogisto. Los materiales combustibles (aceite, carbón) son ricos en flogisto y por ello, durante la combustión, arden con facilidad, liberándolo. Por el contrario otros (las "cales", "calcinados" o "tierras" de diversa especie) son pobres en flogisto y tienen tendencia a recibirlo. De tales "tierras" es posible obtener un metal por calentamiento con carbón (fundamento de la antigua metalurgia neolítica): el carbón, explicaba Stahl, cede su flogisto a la "tierra" y ésta se convierte en metal. Finalmente, la calcinación de un metal podía ser entendida como una combustión lenta: el metal se convierte en "tierra" al desprender su flogisto.

La teoría de Stahl presentaba, sin embargo, un aspecto contradictorio. Era ya conocido por los alquimistas medievales que la "tierra" producida por calcinación pesa más que el metal original. En 1630 el francés Jean Rey lo comprobó en los casos del estaño y del plomo; cuarenta años más tarde hizo lo propio el irlandés Robert Boyle. No dejaba de ser extraño que, si el metal pierde algo al calcinarse, la "tierra" que resulta gane en peso. Sin embargo, esta objeción no inquietó (al comienzo) a los partidarios de la teoría del flogisto. No estaba claro por entonces si la "cantidad de materia" debía o no conservarse en las transformaciones químicas. (Fue necesario identificar, más adelante, las "cantidades de materia" que intervienen en ellas con masas newtonianas.) Por lo demás, la historia de la ciencia ha puesto de manifiesto reiteradas veces que ninguna comunidad científica abandona teorías razonablemente explicativas por la existencia de refutaciones y, a falta de teorías alternativas, se prefiere "salvarlas" por el agregado de hipótesis auxiliares. Así, era posible sostener la teoría del flogisto suponiendo que el peso de esta "sustancia" es negativo. Hacia 1760 el médico Gabriel Venel podía afirmar categóricamente: "El flogisto no es atraído hacia el centro de la Tierra, sino que tiende a ascender. De ello proviene el aumento de peso en la formación de los residuos metálicos ['tierras'] y su disminución en su reducción [conversión de la 'tierra' en metal]".

Para los newtonianos estas afirmaciones,

alejadas de la física y la filosofía a la que adherían, eran sencillamente aberrantes. El flogisto no era atraído por la Tierra, sino repelido por ella, violentando de tal forma la ley newtoniana de la gravitación y reinstalando la noción aristotélica de "levedad". Sin embargo, en la segunda mital del siglo XVIII la teoría del flogisto fue aceptada por los mayores químicos de Inglaterra: J. Black, H. Cavendish y el más importante de ellos, J. Priestley. Y curiosamente fue un francés newtoniano quien "desflogistizó" la química y, al mismo tiempo, puso a esta disciplina en el camino que por entonces transitaba la física.

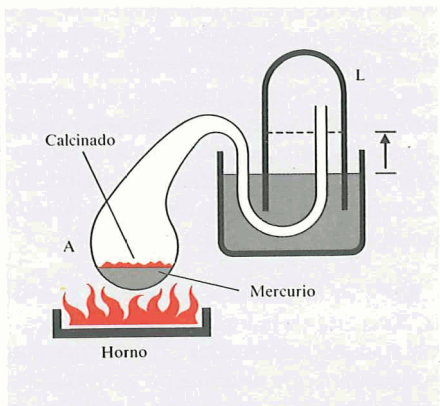
Lavoisier, físico newtoniano por formación pero a la vez continuador de la rica tradición experimental de la química del siglo XVIII, reedificó los fundamentos de esta ciencia a partir de dos supuestos centrales. El primero, el de conservación de la masa, deriva naturalmente de la creencia newtoniana de que la masa es una propiedad característica de la materia y que, por tanto, la investigación de las transformaciones de ésta se halla estrechamente vinculada con las masas de los cuerpos intervinientes. Aunque nunca antes fuera claramente explicitada, al menos en forma cuantitativa, la idea tenía la edad de la filosofía, pues ya Anaxágoras, el jonio, aseguraba en el siglo V a.C. que la creación y destrucción son meras apariencias: sólo existen la unión y la separación de cuanto existe. La segunda suposición es un principio de orden taxonómico: generaliza al reino inanimado las creencias de Linneo en un orden natural y concibe una jerarquía de sustancias de complejidad creciente organizadas a partir de otras extremadamente simples o "elementos". Esta suposición es también de origen presocrático y cristalizó en el siglo IV a.C., con Aristóteles, en la "teoría de los cuatro elementos", que aún podía ser sostenida con cierto fundamento en el siglo XVIII.

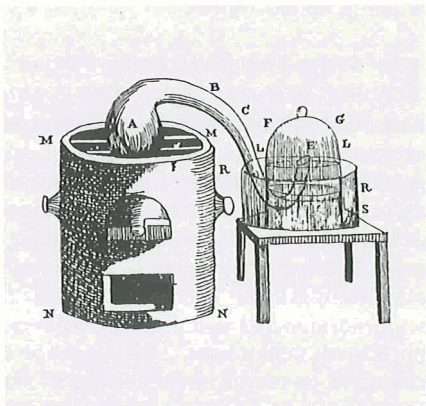
Para llevar a cabo tal revolución química, Lavoisier procedió sistemáticamente a partir de un programa elaborado hacia 1773. Newton había mostrado que la masa de un sistema material aislado debe permanecer constante durante las transformaciones puramente mecánicas; Lavoisier generalizó el enunciado al ámbito de los cambios químicos. Por entonces se habían ya aislado y analizado gases con propiedades muy distintas a las del aire, originados durante reacciones químicas, y Lavoisier reconoció la necesidad de incluirlos en el cómputo de masa del sistema en estudio. A fin de que los productos gaseosos de las reacciones no escapasen a la atmósfera, trabajó con recipientes cerrados. En uno de ellos calentó mercurio y observó la formación del calcinado. Sin embargo, la masa total del contenido del recipiente no se alteraba, pese a que la masa del calcinado era mayor que la del mercurio. ¿Acaso la del aire había disminuido? Al abrir el recipiente Lavoisier comprobó que, efectivamente, el aire exterior penetraba abruptamente en él, es decir que durante la calcinación había desaparecido parte del aire interior. La balanza mostraba que la masa de aire ingresado era aproximadamente igual a la diferencia entre la masa del calcinado y la del mercurio original. Al parecer, pensó Lavoisier, durante la calcinación parte del aire se incorpora al mercurio. Pero ¿cuál podía ser esa "parte"? ¿Por qué no *todo* el aire desaparecía del interior del recipiente? Al cabo de cierto tiempo cesaba el proceso de calcinación, pese a que restaba dentro del recipiente una buena cantidad de aire. A la hipótesis de la "levedad" del flogisto debía agregarse otra: la capacidad de emitir flogisto del mercurio es limitada. Para Lavoisier, "salvar" el flogicismo exigía un alto precio, aun cuando no lograba todavía diseñar una teoría alternativa.

La clave resultó de un episodio accidental. En 1774 visitó París el más célebre químico británico, Priestley, y durante una cena comentó con Lavoisier su reciente descubrimiento. Al calentar fuertemente un calcinado rojo de mercurio había advertido que la conversión de éste en metal estaba acompañada por el desprendimiento de un gas que presentaba una propiedad sorprendente: avivaba la combustión. (Poco después comprobaría que, al respirarlo, pájaros y ratones adquirían gran vitalidad.) Priestley, ferviente flogicista, había pensado que el nuevo gas tenía gran avidez de flogisto y por ello intensificaba la combustión de astillas o brasas sumergidas en él. Lo había llamado, por tanto, "aire deflogistizado". Químico experimental notable pero teórico mediocre, su flogicismo le impidió comprender que dicho gas desempeñaba un papel fundamental en los procesos de combustión y calcinación. El mérito correspondió a Lavoisier.

La figura ilustra la ejemplar experiencia que Lavoisier, inspirado por el descubrimiento de Priestley, realizó tiempo después del encuentro (abril de 1776). En una primera etapa calentó mercurio en un recipiente A provisto de un tubo curvo cuyo extremo E desemboca en una campana neumática L. Al segundo día advirtió que, a la vez que en la superficie del mercurio se formaba el calcinado rojo, ascendía el nivel del líquido en la campana, probando que gradualmente desaparecía parte del aire originariamente contenido en el recipiente. Cuatro o cinco días después de iniciada la experiencia las transformaciones habían cesado por completo y cierta cantidad de mercurio aún permanecía en A, junto con el calcinado. Una vez enfriado el dispositivo, Lavoisier comprobó que el aire había perdido 1/6 de su volumen original y que el recipiente estaba ocupado por un gas que no le resultó desconocido. En la jerga flogicista era conocido como "gas flogistizado", pues impedía la combustión; así lo había comprobado su descubridor, D. Rutherford. En una segunda etapa, Lavoisier retiró el calcinado y lo sometió en una retorta a muy alta temperatura. Tal como había descubierto Priestley, comprobó que la conversión del

Dibujo: Francisco Revelli





Esquema de la primera etapa de la experiencia de Lavoisier. A medida que el mercurio se convierte en calcinado en A, parte del aire desaparece en el recipiente, lo cual queda probado por el ascenso de la columna líquida en la campana neumática L. A la derecha: la misma experiencia ilustrada por Marie-Anne Paulze para el *Tratado Elemental de Química*.

calcinado en mercurio estaba acompañada por el desprendimiento de "aire deflogistizado". Cuando todo el calcinado se hubo convertido en mercurio, la balanza mostró que la masa de gas era igual a la masa de aire desaparecido en la primera etapa. Por tanto, en el gas de Priestley radicaba la clave para explicar ambos procesos: era la parte del aire que en la primera etapa se incorporaba al mercurio para formar el calcinado y que, en la segunda, se desprendía del calcinado al tiempo que éste daba lugar nuevamente al mercurio original.

Al fin la teoría de Lavoisier cobraba forma. El aire no es un elemento al modo aristotélico sino una mezcla de dos gases: el de Priestley, que Lavoisier llamaría *oxígeno*, y el de Rutherford, hoy *nitrógeno*. La relación en volumen entre ambos es aproximadamente 1/6 a 5/6. Las hipótesis explican con sencillez por qué durante la primera etapa de la experiencia la calcinación cesa al cabo de cierto tiempo: toda la masa de oxígeno presente en el aire (1/6 del volumen total) se ha combinado con el mercurio para formar el calcinado. Por otra parte, predicen que una mezcla de oxígeno y nitrógeno en relación de volúmenes 1/6 a 5/6 no es otra cosa que aire, y aire fue efectivamente lo que Lavoisier obtuvo cuando mezcló ambos gases. A diferencia de la teoría del flogisto, el nuevo andamiaje teórico colocado bajo la advocación de la ley de conservación de la masa manifestaba en términos cuantitativos el poder explicativo y predictivo característico de las teorías científicas modernas. A principios del siglo XIX el flogicismo sólo pudo ser sostenido por razones de tinte nacionalista, pues algunos químicos alemanes y británicos (entre ellos Priestley) no parecían dispuestos a aceptar la teoría de un francés.

El oxígeno resultó ser la clave para explicar fenómenos tales como la combustión, la calcinación y la reducción de un calcinado con carbón, durante la cual el oxígeno del aire se combina con carbono y se desprende un gas ya conocido en tiempos de Lavoisier: el hoy llamado *dióxido de carbono*. Los flogicistas no habían logrado más que aislar y estudiar estos gases, sin que desempeñaran papel alguno en sus vagas explicaciones cualitativas. Lavoisier, por el contrario, les otorgó un sentido decisivo en su teoría. En particular, el oxígeno aparece en ella como entidad teórica explicativa fundamental y de allí que el epistemólogo T. S. Kuhn haya podido afirmar que Priestley lo "descubrió" mientras que Lavoisier lo "inventó". Por lo demás, la nueva teoría señaló el rumbo para la búsqueda de los elementos. Para el flogicismo las "tierras" o calcinados parecían ser sustancias elementales, pues originaban metales al incorporar flogisto. Puesto que en verdad los calcinados desprenden oxígeno al calentarse, los metales debían ser al menos "más elementales", del mismo modo en que lo son el oxígeno y el nitrógeno con relación al aire. Las ideas de Lavoisier avanzaban además en el campo de la bioquímica y la fisiología, pues la respiración de los animales podía ser entendida como una combustión lenta durante la cual parte del oxígeno aspirado se "quema" en el organismo con producción de dióxido de carbono, paso inicial para la comprensión del llamado "ciclo del carbono" en los seres vivos. De hecho, Lavoisier había emprendido un programa de investigación en este sentido cuando en 1794 sobrevino su trágica muerte.

Hacia 1783 el enfoque conceptual de Lavoisier rindió nuevos frutos. Cavendish, descubridor de un gas altamente inflamable, comprobó que cuando éste ardía en un frasco cerrado se formaban gotas de agua en las paredes interiores. Lavoisier dio la explicación correcta: el gas de Cavendish, al que llamó *hidrógeno*, se combina con el oxígeno del aire y ambos originan agua. ¡Tampoco el agua es un elemento! A un listado de elementos que incluía, entre otros, a los metales, el oxígeno y el nitrógeno, se agregó el hidrógeno. Lavoisier anunció entonces la culminación de una obra de diez años de labor: la renovación teórica de la química. Previamente, su esposa y ayudante Marie-Anne Paulze quemó los libros de Stahl en una ceremonia formal, tal como en su época lo había hecho Paracelso con los libros de alquimia medieval. Una serie de espectaculares experiencias públicas de descomposición y síntesis del agua, llevadas a cabo a comienzos de 1785 ante miembros de la Academia de Ciencias, persuadieron a buena parte del mundo científico francés de estar asistiendo al surgimiento de una nueva química, despojada de todo vestigio de aristotelismo y alquimia.

A partir de entonces la química se convertiría en la búsqueda de explicaciones cuantitativas basadas en la combinación y recombinación de elementos, presentadas por medio de un sistema de nomenclatura en el que las sustancias deben nombrarse de tal modo que puedan reconocerse en ellas los elementos constituyentes. Este es el programa central del *Tratado* de 1789. En el "Discurso preliminar" Lavoisier considera "metafísica" toda discusión a priori acerca del número y la naturaleza de los elementos; dirá, con un criterio estrictamente experimental (en la huella de Boyle, en el siglo XVII), que han de considerarse elementos "aquellas sustancias que hasta el presente no se han podido descomponer por ningún medio". La lista que Lavoisier pudo ofrecer en ese momento incluía a la luz y el calor (dos formas de energía) y algunos compuestos cuya descomposición fue lograda años más tarde; pero 23 de los elementos mencionados en el *Tratado* siguen siéndolo hoy. En cuanto a su sistema de nomenclatura, Lavoisier comenta que nombres tales como *flores de cinc* o *polvo de algaroth* son nombres altamente inconvenientes, pues "se necesita mucho hábito y una memoria extraordinaria para recordar a qué sustancias se refieren y, sobre todo, para saber a qué tipo de combinaciones pertenecen". Así, por ejemplo, los resultados de la exposición de metales al aire y al fuego serán llamados *óxidos*, "diferenciándolos unos de otros mediante el nombre del metal al que pertenecen". Lavoisier colocó el fundamento de esta nomenclatura (origen de la actual) bajo la advocación de Condillac, a quien el *Tratado* cita reiteradamente: *el arte de razonar se reduce, finalmente, a un lenguaje bien organizado.*

Lavoisier entregó a sus sucesores una química reorientada en la dirección del programa de Newton. El camino quedaba expedito para investigar las leyes cuantitativas que rigen las combinaciones y descomposiciones químicas. El paso siguiente debía ser la interpretación teórica de tales leyes en términos de la estructura corpuscular de la materia. Hubo que identificar a cada elemento con una composición atómica determinada, y al resto de las sustancias con una composición más compleja formada por el agrupamiento de átomos elementales. Tal paso lo dio John Dalton, un newtoniano, entre 1803 y 1808, muerto ya Lavoisier y cuando al fin su obra ganaba aceptación universal. Así lo había entendido Miguel O'Gorman, director del Protomedicato creado por el virrey Vértiz, cuando en 1801 indicó que el plan de estudios de la escuela de medicina debía ser dictado con el auxilio de los "textos más luminosos". Mencionaba, entre ellos, los de Lavoisier: la química moderna desembarcaba en el Río de la Plata.

Guillermo Boido
Departamento de Física
Universidad Nacional de La Plata

UNA REALIDAD:

300.000.000

DE DOLARES PARA EL AGRO.

Créditos para inversión en el agro. El campo los necesita y el Banco Nación hace su aporte. 300 millones de dólares en préstamos a largo plazo para maquinaria y equipo agrícola, hacienda reproductora, mejoras fijas, silos, desmonte, pasturas, plantaciones frutihortícolas,.. o la inversión que usted imagine. Invierta para tecnificar su campo e incrementar la productividad. Un crédito que impulsa la producción para que usted crezca con el país.

Acérquese a cualquiera de nuestras 540 sucursales y ponga su campo en marcha.

PORQUE HACE FALTA

BANCO DE LA NACION ARGENTINA
en su nación, su banco.

Los créditos se ajustan, a opción del usuario, en base a los índices de precios al por mayor (nivel general, agropecuario nacional, división productos pecuarios o productos agrícolas) o según la variación de cotización del dólar estadounidense.

UNA FILOSOFIA DE TRABAJO QUE CREA FUTURO PARA EL PAIS DESDE HACE 44 AÑOS

Las sociedades que integran la Organización TECHINT comparten una misma filosofía empresaria: contribuir con el máximo aporte al desarrollo nacional y mantener una presencia constante en el mundo a través de sus productos y servicios.

Su actividad cubre un amplio espectro que integran la ingeniería, las construcciones civiles e industriales, la siderurgia, las construcciones metálicas y las comunicaciones, y contribuye al crecimiento económico y social del país.

Compromiso que las empresas de la Organización TECHINT asumen plenamente e impulsan con hechos, y no sólo ideas, para movilizar recursos y generar el consenso necesario para alcanzar este objetivo.

Una línea de pensamiento que es alentada desde su fundación, en 1946, materializada en una pujante organización industrial, técnica y comercial, que interviene activamente en el proceso de industrialización argentino.

La Organización TECHINT brinda empleo a más de 18.000 colaboradores, de los cuales 2.500 son profesionales y técnicos calificados.

Hasta hoy ha concretado más de 1.500 proyectos en cuarenta países de los cinco continentes como claro ejemplo de la iniciativa privada y de su capacidad de realización.

En las palabras de su fundador, el Ingeniero Agustín Rocca, se manifiesta la síntesis de la filosofía: "Deseamos que en la Argentina, la Organización TECHINT llegue a ser una razón de orgullo para el país".

Organización Techint

TECHINT